F 1503/6

L 034 118 Nº: 1-4 Vol 23

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI

Tomul XXIII (XXVII)

Fasc. 1–4

SECŢIA VI ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

1977

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI

Tomul XXIII (XXVII)

Fasc. 1—4

SECŢIA VI ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

1977

COLEGIUL DE REDACȚIE

Prof. dr. doc. VAL. BLIDARU, Prof. dr. doc. N. V. BOȚAN, prof. dr. ing. GH. CAȘLER, prof. dr. ing. M. GAFIȚANU (președinte), prof. dr. P. MÂLCOMETE, prof. dr. doc. D. MANGERON, prof. dr. ing. T. SILION, acad. prof. dr. doc. CRISTOFOR SIMIONESCU, prof. dr. ing. I. VLAD

COMITETUL DE REDACȚIE AL SECȚIEI

ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

Prof. dr. doc. CHIRIL POPESCU
Prof. dr. ing. VASILE BĂLOIU
Conf. dr. ing. ECATERINA BLIDARU

REDACȚIA

Prof. dr. doc. D. MANGERON (redactor responsabil)
Prof. dr. ing. HUGO ROSMAN (secretar de redacție)
ECATERINA IRIMIEA (tehnoredactor)

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1983

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
BULLETIN OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF JASSY
ИЗВЕСТИЯ ЯССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Tomul XXIII (XXVII), Fasc. 1—4 1977

Secția VI

IMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

SUMAR

Pag.

V. BLIDARU, I. D. ARSENIE, M. ARSENIE, I. BARTHA, D. LOGHIN și M. LUCA, Contribuții la modernizarea rețelelor de irigații pentru funcționare automatizată (franc., rez. rom.) 7

ȘT. POPESCU, C. URSESCU și N. ȚĂRANU, Contribuții la îmbunătățirea preciziei determinării curbelor de tarare ale morișților hidrometrice (engl., rez. rom.) 19

V. BĂLOIU și N. POPOVICI, Cercetări asupra unor canale pentru regularizarea scurgerilor pe versanți în zona Putna — Vrancea (rom., rez. franc.) 27

CH. POPESCU și ST. AXINTE, Influența cîtorva elemente nutritive (N, P, K, Mo, Cu, B) asupra ritmului de sinteză a substanței uscate la soia (franc., rez. rom.) 33

M. DIMA, C. MANOLIU și A. DIMA, Aspecte privind proiectarea rațională a îngroșătorilor de nămol (rom., rez. franc.) 39

I. GIURMA și D. LOGHIN, Model în cuve electrolitice pentru determinarea curbei de infiltrație printr-un baraj de pămînt (rom., rez. franc.) 47

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
BULLETIN OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF JASSY
ИЗВЕСТИЯ ЯССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Tom XXIII (XXVII), Fasc. 1—4 1977

Section VI

LAND RECLAMATION

CONTENTS

Pp.

V. BLIDARU, I. D. ARSENIE, M. ARSENIE, I. BARTHA, D. LOGHIN et M. LUCA, Contributions à la modernisation des réseaux d'irrigations pour le fonctionnement automatique (French, Romanian summary). . . 7

ŞT. POPESCU, C. URSESCU and N. ŢĂRANU, Contributions to the Improvement of the Determination Accuracy for Calibration Curves of the Current Meters (English, Romanian summary) 19

V. BĂLOIU et N. POPOVICI, Recherches concernant les canaux de côte pour la régularisation des versants dans la région Putna—Vrancea (Romanian, French summary) 27

CH. POPESCU et ST. AXINTE, Influence de quelques éléments nutritifs (N, P, K, Mo, Cu, B) sur le rythme de synthèse de la substance sèche à soya (French, Romanian summary) 33

M. DIMA, C. MANOLIU et A. DIMA, Sur une manière rationnelle d'elaboration du calcul des épaississeurs de boue (Romanian, French summary) . 39

I. GIURMA et D. LOGHIN, Modèle pour la détermination de la courbe d'infiltration par un barrage en terre, dans des cuves électrolytiques (Romanian, French summary) 47

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
BULLETIN OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF JASSY
ИЗВЕСТИЯ ЯССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Том XXIII (XXVII), Вып. 1—4 1977

Секция VI

МЕЛИОРАЦИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

В. БЛИДАРУ, І. Д. АРСЕНЬЕ, М. АРСЕНЬЕ, И. БАРТА, Д. ЛОГИН и М. ЛУКА, К модернизации оросительных сетей для автоматизированного режима (франц., рез. рум.) 7

ШТ. ПОПЕСКУ, К. УРСЕСКУ и Н. ЦЭРАНУ, К улучшению точности определения тарированных кривых гидротехнических вертушек (англ., рез. рум.) 19

В. БЭЛОЙУ и Н. ПОПОВИЧ, Исследования каналов для регулирования воды на склонах в зоне Путна—Вранча (рум., рез. франц.) 27

К. ПОПЕСКУ и С. АКСИНТЕ, Влияние некоторых питательных элементов (N, P, K, Mo, Cu, B) на ритм синтезы сухого вещества в сои (франц., рез. рум.) 33

М. ДИМА, К. МАНОЛИУ и А. ДИМА, Вопросы рационального проектирования грязесгустителя (рум., рез. франц.) 39

И. ДЖЮРМА и Д. ЛОГИН, Модель в электролитической куве для определения кривой инфильтрации земляных плотин (рум., рез. франц.) 47

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXIII (XXVII), Fasc. 3—4, 1977
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

C. D. 626.8

CONTRIBUTIONS À LA MODERNISATION DES RÉSEAUX D'IRRIGATIONS POUR LE FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

PAR

VALERIU BLIDARU, D. I. ARSENIE, MARIA ARSENIE,
IOSIF BARTHA, DAN LOGHIN et M. LUCA

1. Considérations générales

Une tendence actuelle se manifestant dans tout le monde en ce qui concerne la technique de l'irrigation est celle d'utiliser sur une échelle de plus en plus grande l'automation des systèmes. Par cette voie on réalise une réduction substantielle de la force de travail humaine occupée dans l'agriculture et une exploitation efficace des réseaux d'irrigations. Par conséquent le problème de l'automatisation se pose aussi bien dans le calcul des nouveaux systèmes d'irrigations que dans la modernisation et la réfection des systèmes qui existent déjà.

L'existence, en 1976, d'une surface irriguée d'environ 1 750 000 ha, le haut rythme annuel d'augmentation de ces surfaces (200 000 ha), la politique de réduction de la population active dans l'agriculture et l'accroissement de celle dans l'industrie, ainsi que les autres avantages de l'automation ont créé, en R. S. Roumanie, les prémises nécessaire pour accorder une attention particulière à l'automation.

Cela explique le fait qu'on y a construit des systèmes complètement automatisés, dirigés d'une manière centralisée par un calculateur électronique de grande capacité, tels que les systèmes Sadova—Corabia de 79 500 ha et Olt—Călmăţui de 47 000 ha.

Parmi les avantages techniques de l'automation on peut mentionner : a) l'assurance des débits nécessaires à chaque moment et à n'importe quel point du réseau ; b) l'utilisation rationelle des ressources d'eau, l'économie par rapport aux systèmes classiques à régulateurs individuelles étant d'environ 15...20% ; c) l'utilisation au maximum de la capacité de transport du réseau de canaux ; d) l'accroissement de la sécurité du fonctionnement pour les constructions et les installations du réseau ; e) l'évidence rigoureuse des débits et des volumes distribués à divers bénéficiaires.

Le réseau des canaux d'amenée et de distribution doit être dimensionné de telle sorte qu'il permette d'adapter le fonctionnement aux fluctuations des demandes et des ressources en un temps minimum, à des frais minima. Les divers systèmes de commandes et de réglages ont apparu à partir de la nécéssité fondamentale de subordonner le système aux nécessités des bénéficiaires. Le fonctionnement correcte du système est assuré par : a) l'adaptation des systèmes de commande aux nécessités et aux disponibilités d'eau ; b) l'introduction des régulateurs qui assurent les réglages de débit et de niveau conformément aux demandes.

Selon les demandes et les disponibilités d'eau et selon le relief la commande d'un réseau d'adduction et de distribution peut présenter des caractéristiques différentes, les situations extrêmes étant la commande de l'amont et la commande de l'aval. Ces commandes s'adoptent en fonction de la pente du terrain et des disponibilités de la source, à savoir : a) pour les pentes grandes et les sources insuffisantes on adopte d'habitude le système avec commande de l'amont, b) pour les pentes douces du tracé ($I < 3\%$) ainsi que dans le cas des sources abondantes on adopte le système avec commande de l'aval, mais on peut appliquer aussi le système avec commande de l'amont (ainsi que le système mixte qui n'est pas analysé dans ce travail).

L'automation avec commande de l'amont permet à maintenir un niveau constant en amont de la vanne (vanne à niveau amont constant), le bief réglé étant donc emplacé en amont de la vanne (fig. 1 *a*)).

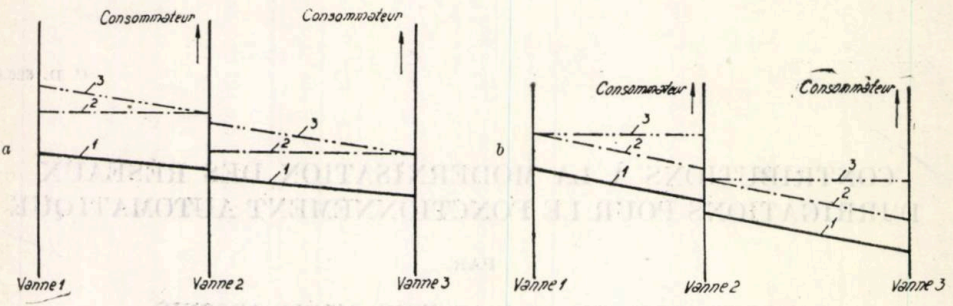

Fig. 1. — Système d'automation hydraulique : *a* — avec commande de l'amont, *b*—avec commande de l'aval ; *1* — le niveau du fond du canal, *2* — le niveau hydrodynamique de l'eau en régime uniforme, *3* — le niveau hydrostatique de l'eau.

Le désavantage principal de ce système de commande est représenté par la nécessité de respecter une planification rigoureuse des arrosages, car la demande des débits supplémentaires, qui au debout n'ont pas été pris en considération, conduit à l'insatisfaction de certains consommateurs, tandis que les réductions non planifiées de la consommation ont pour effêt des pertes d'eau.

L'automation avec commande de l'aval permet à maintenir le niveau constant en aval de la vanne (vanne à niveau aval constant, le bief réglé étant donc placé en aval de la vanne (fig. 1 *b*)).

Le désavantage principal de ce système de commande réside dans les investissements relativement assez importants pour les terrassements et pour les imperméabilisations supplémentaires.

Lorsqu'on exige à introduire l'automation dans un système existent, ou lorsqu'on calcule un nouveau système, un problème important à résoudre c'est celui de déterminer la longueur optimum des biefs entre deux vannes automatiques. Dans ce qui suit on étudie le problème de la détermination de la longueur optimum des biefs pour les deux types de réglage : à niveau amont constant et à niveau aval constant.

Dans les deux cas, pour établir la longueur optimum du bief, on considère la situation usuelle d'exploitation conformément à un graphique de consommation planifié, $Q = Q(t)$. On recommande à effectuer aussi une vérification pour le cas d'une situation accidentelle d'exploitation. Pour cette vérification on peut adopter une variation dans le temps des débits accidentels. $Q_{acc.}(t)$, obtenue de la variation planifiée par la majoration des débits plus grands que le débit moyen, respectivement par la diminution des débits plus petits que le débit moyen. Cette modification doit se faire de telle façon que le débit moyen reste inchangé, le débit maximum augmentant, respectivement le débit minimum diminuant d'environ 25% des valeurs respectives. Ce débit de vérification peut servir de critère pour choisir la hauteur de garde du canal.

On mentionne aussi que la manière dont on réalise la commande des vannes, par voie hydraulique ou électrique, n'influence pas la méthode de calcul de la longueur optimum des biefs, l'essentiel en étant seulement le fait que ces vannes soient capables de maintenir un certain niveau constant.

On considère que sur un bief le canal est de section prismatique et que le débit d'eau est constant, le prélèvement ou l'introduction de l'eau dans le canal se réalisant uniquement par les sections extrêmes des biefs. Mais la méthode peut être adaptée même au cas où l'on effectue de prélèvements de débit dans des section intermédiaires.

La méthode adaptée s'intègre dans *la théorie des petites oscillations*, en considérant qu'au cours de l'exploitation du système le régime d'écoulement en canaux est non permanent et peut être interprété comme étant résulté de la superposition de certaines ondes perturbatrices de débit à un régime d'écoulement permanent, correspondant au débit moyen. Ci-dessous on présente, tout brièvement, le modèle mathématique adopté. On mentionne que la méthode exige des calculs laborieux, c'est pourquoi elle ne peut être appliquée qu'en utilisant un calculateur électronique. On recommande d'utiliser un programme et d'effectuer d'unc façon automate les calculs mais il est possible d'utiliser aussi un calculateur électronique de bureau ayant les fonctions respectives.

2. Le modèle mathématique

Le système Saint-Venant d'équations fondamentales sous forme différentielle est composé de l'équation de mouvement et de l'équation de continuité, en permettant, en principe, à déterminer les deux inconnues, z et Q, comme fonctions de temps, t. Dans le cadre des hypothèses usuelles du mouvement graduellement varié et de la théorie des petites oscillations, ce système peut être mis sous la forme [1], [2] :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 z}{\partial t^2} + (v_0^2 - c^2)\dfrac{\partial^2 z}{\partial s^2} - 2v_0 \dfrac{\partial^2 z}{\partial t\, \partial s} + 2\dfrac{gJ}{v_0} \cdot \dfrac{\partial z}{\partial t} - \dfrac{Jc^2 x}{h_0} \cdot \dfrac{\partial z}{\partial s} = 0, \\ B_0 \dfrac{\partial z}{\partial t} - \dfrac{\partial q}{\partial s} = 0. \end{cases}$$

Le système de référence est constitué par l'axe OZ, verticale, orientée d'une manière ascendente, ayant l'origine au niveau correspondant au régime d'écoulement à débit moyen, et l'axe Os, orientée en sens contraire au celui d'écoulement, ayant l'origine dans la section aval du bief considéré.

Dans le système (1) on a utilisé les notations suivantes : z — niveau de l'eau dans le canal dans une section s à un moment t, v_0 — vitesse d'écoulement de l'eau en régime uniforme, correspondant au débit moyen Q_0, $c \approx \sqrt{gA_0/B_0}$ — vitesse de propagation de l'onde sur le canal en eau stagnante, g — accélération gravitationelle, B_0 — largeur au mirroir de l'eau, en régime uniforme, correspondant au débit moyen Q_0, A_0 — section vivante correspondante au même régime uniforme, J — pente du fond du canal, égale à la pente de la surface libre de l'eau en régime uniforme, x — indice hydraulique du canal, h_0 — profondeur de l'eau en régime uniforme, qui correspond au débit moyen Q_0, q — débit de l'onde dans une section s et à un moment t.

Dans le cas d'un canal d'irrigation qui est exploité conformément à un graphique qui se répète chaque jour, dans le canal se produisent des oscillations périodiques entretenues, dont la période est égale a 24 heures. Conformément à cet aspect physique du problème on cherche une solution périodique ayant la forme d'une harmonique simple :

$$z = z_1(s)\cos\omega t - z_2(s)\sin\omega t. \tag{2}$$

En utilisant les formules d'E u l e r cette relation peut être mise aussi sous la forme suivante :

$$z = \frac{z_1(s) + \mathrm{i}z_2(s)}{2}\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t} + \frac{z_1(s) - \mathrm{i}z_2(s)}{2}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega t} = y(s)\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t} + \overline{y(s)}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega t}. \tag{3}$$

Comme la connaissance de la fonction $y(s)$ permet à déterminer, d'une manière univoque, la fonction conjuguée complexe $\overline{y(s)}$, dans ce qui suit on cherche une solution particulière de la forme :

$$z = y(s)\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t}. \tag{4}$$

En introduisant cette solution dans la première équation du système (1) on obtient l'équation différentielle de deuxième ordre, à coefficients constants :

$$(c^2 - v_0^2)\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}s^2} + \left(2\mathrm{i}\omega v_0 + \frac{Jc^2x}{h_0}\right)\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}s} + \omega\left(\omega - 2i\frac{gJ}{v_0}\right)y = 0. \tag{5}$$

Les racines de l'équation caractéristique, notées par λ_1 et λ_2, ont les expressions suivantes :

$$\lambda_1 = \alpha_1 + \mathrm{i}\beta_1, \quad \lambda_2 = \alpha_2 + \mathrm{i}\beta_2,$$

où

$$\begin{cases} \alpha_{1,2} = \dfrac{1}{2(c^2 - v_0^2)}\left[-\dfrac{Jc^2x}{h_0} \pm \right. \\ \qquad \left. \pm \mathcal{R}e\sqrt{\left(2\mathrm{i}\omega v_0 + \dfrac{Jc^2x}{h_0}\right)^2 - 4\omega(c^2 - v_0^2)\left(\omega - \dfrac{2gJ}{v_0}\mathrm{i}\right)}\right], \\ \beta_{1,2} = \dfrac{1}{2(c^2 - v_0^2)}\left[-2\omega v_0 \pm \right. \\ \qquad \left. \pm \mathcal{I}m\sqrt{\left(2\mathrm{i}\omega v_0 + \dfrac{Jc^2x}{h_0}\right)^2 - 4\omega(c^2 - v_0^2)\left(\dfrac{\omega - 2gJ}{v_0}\mathrm{i}\right)}\right]. \end{cases} \tag{6}$$

La solution générale de l'équation (5) contiendra deux constantes complexes d'intégration, C_1 et C_2, à savoir :

$$y(s) = C_1\,\mathrm{e}^{\lambda_1 s} + C_2\,\mathrm{e}^{\lambda_2 s}. \tag{7}$$

On peut écrire la solution (3) sous la forme :

$$z = \mathcal{R}e\left[(C_1\,\mathrm{e}^{\lambda_1 s} + C_2\,\mathrm{e}^{\lambda_2 s})\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t}\right]. \tag{8}$$

De la deuxième équation du système (1) on obtient immédiatement :

$$(9) \qquad q = B_0 \int \frac{\partial z}{\partial t} \, ds = \omega B_0 \, \mathcal{R}e \left[\left(\frac{C_1}{\lambda_1} e^{\lambda_1 s} + \frac{C_2}{\lambda_2} e^{\lambda_2 s} \right) e^{i\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)} \right].$$

Le système d'équations fondamentales doit être complété par des conditions à la limite correspondantes qui permettent à déterminer uniquement la solution, ce qui revient à la détermination univoque des deux constantes d'intégration C_1 et C_2 qui interviennent dans la solution générale.

Les conditions à la limite doivent elles aussi être exprimées sous forme des fonctions harmoniques simples, respectivement :

$$(10) \qquad \begin{cases} z = a_z \sin \omega t + b_z \cos \omega t = \mathcal{R}e \left[(b_z - i a_z) \, e^{i\omega t} \right], \\ q = a \sin \omega t + b \cos \omega t = \mathcal{R}e \left[(b - i a) \, e^{i\omega t} \right]. \end{cases}$$

Ces relations contiennent les cas particuliers $z = 0$, respectivement $q = 0$.

Il en résulte que pour pouvoir utiliser cette méthode dans les cas qui interviennent dans la pratique, il est nécessaire d'effectuer initialement une analyse harmonique des conditions réelles à la limite, respectivement d'approximer la loi de variation du débit et du niveau en fonction de temps par une somme finie d'oscillations harmoniques simples de différentes périodes et amplitudes.

Ayant en vue la linéarité des équations qui interviennent dans le système (1), la solution finale en résultera par la superposition des solutions que corresp ondent à chaque harmonique à part. Comme dans les problèmes concrets concernant les biefs automatisés des systèmes d'irrigations on connaît la loi de variation des débits par le couple de valeurs t_i, Q_{ij}, $(i = 1, 2, \ldots, n)$, on approxime cette loi par une fonction continue, $Q(t)$, de la forme :

$$(11) \qquad Q(t) = \frac{b_0}{2} + \sum_{k=1}^{n/2} (a_k \sin \omega_k t + b_k \cos \omega_k t) = Q_{\text{med}} + q_k(t),$$

ou ω_k est la pulsation de l'harmonique de l'ordre k. Cette pulsation dépend de la période T (dans ce cas $T = 24$ h $= 86\,400$ s) et de l'ordre de l'harmonique conformément à la relation :

$$(12) \qquad \omega_k = \frac{2\pi k}{T}.$$

Dans les calculs effectifs on recommande de diviser la période en 24 parties égales ($n = 24$) pour les fonctions $Q(t_i)$ qui ne présentent pas des variations rapides et importantes, respectivement en 48 parties égales ($n = 48$) dans les autres cas. Dans les calculs effectifs on a constaté que si l'on considère un nombre de 12 harmoniques résultées de la division de la période en 24 parties égales l'erreur est plus grande dans le cas où l'on considère les premières 12 harmoniques, résultées de la division de la période en 48 parties égales.

Les coefficients du développement en série F o u r i e r (11) se déterminent de la condition que la somme des carrés des erreurs :

$$(13) \qquad E = \sum_{i=0}^{n-1} \left\{ Q(t_i) - \left[\frac{b_0}{2} + \sum_{k=1}^{n/2} (a_k \sin \omega_k t_i + b_k \cos \omega_k t_i) \right] \right\},$$

soit minimum par rapport aux valeurs prises par les paramètres a_k et b_k, ce qui revient à l'annulation des dérivées partielles par rapport aux mêmes paramètres :

$$(14) \qquad \frac{\partial E}{\partial a_k} = 0, \qquad \frac{\partial E}{\partial b_k} = 0,$$

à savoir

$$(15) \quad \begin{cases} \sum_{i=0}^{n-1} \sin \omega_k t_i \left\{ Q(t_i) - \left[\frac{b_0}{2} + \sum_{k=1}^{n/2} (a_k \sin \omega_k t_i + b_k \cos \omega_k t_i) \right] \right\} = 0, \\ \sum_{i=0}^{n-1} \cos \omega_k t_i \left\{ Q(t_i) - \left[\frac{b_0}{2} + \sum_{k=1}^{n/2} (a_k \sin \omega_k t_i + b_k \cos \omega_k t_i) \right] \right\} = 0. \end{cases}$$

Si l'on résout ces systèmes d'équations linéaires on obtient les relations :

$$(16) \quad \begin{gathered} a_k = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} Q(t_i) \sin \omega_k t_i, \qquad b_k = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} Q(t_i) \cos \omega_k t_i, \\ \frac{b_0}{2} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} Q(t_i) = Q_{\text{med}}. \end{gathered}$$

En adoptant ces paramètres, la somme des carrés des erreurs devient :

$$(17) \qquad E = \sum_{i=0}^{n-1} Q^2(t_i) - \left[\frac{n b_0^2}{4} + \frac{n}{2} \sum_{k=1}^{n/2} (a_k^2 + b_k^2) \right],$$

ce qui conduit à l'erreur moyenne carrée :

$$(18) \quad \sigma\% = 100 \sqrt{\frac{E}{n Q_{\text{med}}^2}} = 100 \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \left[\frac{Q(t_i)}{Q_{\text{med}}} \right]^2 - \left[1 + \frac{1}{2 Q_{\text{med}}^2} \sum_{k=1}^{n/2} (a_k^2 + b_k^2) \right] \right\}^{1/2},$$

exprimée en pourcent.

En ce qui concerne les erreurs relatives maxima elles sont généralement plus grandes que l'erreur moyenne carrée, les erreurs diminuant, en général, avec l'augmentation du nombre d'harmoniques et dépendant aussi de la forme du diagramme $Q(t_i)$.

3. Application de la méthode dans le cas des canaux automatisés

Dans le cas des canaux automatisés on considére les deux types extrêmes de commande :

a) *Commande de l'amont.* Dans ce cas, dans la section qui délimite en aval le bief sur lequel s'exerce le réglage automatique, on installe une vanne à niveau amont constant. C'est dans la même section qu'on connait (par l'étude du projet) la variation des débits dans le temps.

Le problème à résoudre, cette fois-ci, est représenté par la détermination du mode de variation des niveaux dans le temps, ainsi que des débits dans n'importe quelle section du bief. La section qui présente le plus grand intérêt est celle qui délimite le bief en amont.

b) *Commande de l'aval.* Dans la section qui délimite en amont le bief sur lequel s'exerce l'action du réglage automatique est introduite une vanne à niveau aval constant, pendant que la variation des débits dans le temps est connue dans la section qui délimite le bief en aval.

On pose le problème de la détermination du mode de variation dans le temps tant des niveaux que des débits dans n'importe quelle section du bief.

La section qui présente le plus grand intêrêt est, pour les niveaux, la section qui délimite le bief en aval tandis que pour les débits c'est la section qui délimite le bief en amont (la section où la vanne est placée).

Dans le premier cas on détermine les constantes d'intégration C_1 et C_2 en utilisant les deux conditions à la limite :

$$\begin{aligned} &s = 0, \qquad z = 0, \\ &q = a \sin \omega t + b \cos \omega t = \mathcal{R}e\,[(b - ia)\, e^{i\omega t}]. \end{aligned} \tag{19}$$

En combinant ces conditions aux solutions générales (8) et (9), on obtient le système :

$$\begin{cases} \mathcal{R}e\,[(C_1 + C_2)\, e^{i\omega t}] = 0, \\ \omega B_0\, \mathcal{R}e\left[\left(\dfrac{C_1}{\lambda_1} + \dfrac{C_2}{\lambda_2}\right) e^{i(\omega t + \pi/2)}\right] = \mathcal{R}e\,[(b - ia)\, e^{i\omega t}]. \end{cases} \tag{20}$$

Il en résulte les valeurs suivantes des constantes d'intégration:

$$C_1 = re^{i\varphi}, \qquad C_2 = -re^{i\varphi}, \tag{21}$$

où

$$\begin{cases} r = \dfrac{\sqrt{a^2 + b^2}}{\omega B_0 \sqrt{\left(\dfrac{\alpha_2}{\alpha_2^2 + \beta_2^2} - \dfrac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2}\right)^2 + \left(\dfrac{\beta_2}{\alpha_2^2 + \beta_2^2} - \dfrac{\beta_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2}\right)^2}}, \\ \operatorname{tg} \varphi = \dfrac{a\left(\dfrac{\beta_2}{\alpha_2^2 + \beta_2^2} - \dfrac{\beta_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2}\right) + b\left(\dfrac{\alpha_2}{\alpha_2^2 + \beta_2^2} - \dfrac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2}\right)}{a\left(\dfrac{\alpha_2}{\alpha_2^2 + \beta_2^2} - \dfrac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2}\right) - b\left(\dfrac{\beta_2}{\alpha_2^2 + \beta_2^2} - \dfrac{\beta_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2}\right)}. \end{cases} \tag{22}$$

En introduisant les valeurs des constantes dans les solutions générales on obtient les relations qui permettent à calculer le niveau de l'eau et le débit de l'onde dans n'importe quelle section du canal et à n'importe quel moment, à savoir:

$$(23)\quad \begin{cases} z = r\,[e^{\alpha_1 s}\cos(\omega t+\beta_1 s+\varphi) - e^{\alpha_2 s}\cos(\omega t+\beta_2 s+\varphi)], \\ q = \omega B_0 r\left\{\dfrac{e^{\alpha_1 s}}{\alpha_2^2+\beta_2^2}[\alpha_2\sin(\omega t+\beta_2 s+\varphi)+\beta_2\cos(\omega t+\beta_2 s+\varphi)] - \right. \\ \left. -\dfrac{e^{\alpha_1 s}}{\alpha_1^2+\beta_1^2}[\alpha_1\sin(\omega t+\beta_1 s+\varphi)+\beta_1\cos(\omega t+\beta_1 s+\varphi)]\right\}. \end{cases}$$

Du point de vue pratique il présente un intérêt spécial la connaissance des niveaux et des débits dans la section qui délimite le bief en amont. Pour cette section les relations de calcul s'obtiennent à partir des relations antérieures, en résultant :

$$(24)\quad \begin{cases} z = r\,[e^{\alpha_1 l}\cos(\omega t+\beta_1 l+\varphi) - e^{\alpha_2 l}\cos(\omega t+\beta_2 l+\varphi)], \\ q = \omega B_0 r\left\{\dfrac{e^{\alpha_2 l}}{\alpha_2^2+\beta_2^2}[\alpha_2\sin(\omega t+\beta_2 l+\varphi)+\beta_2\cos(\omega t+\beta_2 l+\varphi)] - \right. \\ \left. -\dfrac{e^{\alpha_1 l}}{\alpha_1^2+\beta_1^2}[\alpha_1\sin(\omega t+\beta_1 l+\varphi)+\beta_1\cos(\omega t+\beta_1 l+\varphi)]\right\}. \end{cases}$$

Dans le deuxième cas on peut déterminer les constantes d'intégration C_1 et C_2 en employant les deux conditions à la limite :

$$(25)\quad \begin{cases} s = 1, & z = 0, \\ s = 0, & q = a\sin\omega t + b\cos\omega t = \mathcal{R}e\,[(b-ia)\,e^{i\omega t}]. \end{cases}$$

Tout comme dans le cas ci-dessus il résulte le système :

$$(26)\quad \begin{cases} \mathcal{R}e\,[(C_1 e^{\lambda_1 l} + C_2 e^{\lambda_1 l})\,e^{i\omega t}] = 0, \\ \omega B_0 \mathcal{R}e\left[\left(\dfrac{C_1}{\lambda_1} - \dfrac{C_2}{\lambda_2}\right)e^{i(\omega t+\pi/2)}\right] = \mathcal{R}e\,[(b-ia)\,e^{i\omega t}]. \end{cases}$$

Il en résulte les valeurs des constantes d'intégration :

$$(27)\qquad C_1 = re^{i\varphi}, \qquad C_2 = -re^{(\alpha_1-\alpha_2)l}\,e^{i(\varphi+\beta_1 l-\beta_2 l)},$$

avec

$$(28)\qquad r = \frac{1}{\omega B_0}\sqrt{\frac{a^2+b^2}{A^2+B^2}}, \qquad \operatorname{tg}\varphi = -\frac{aB-bA}{bB-aA},$$

où

$$(29)\quad \begin{cases} A = \dfrac{\alpha_1}{\alpha_1^2+\beta_1^2} - \dfrac{e^{(\alpha_1-\alpha_2)l}}{\alpha_2^2+\beta_2^2}[\alpha_2\cos(\beta_1 l-\beta_2 l)+\beta_2\sin(\beta_1 l-\beta_2 l)], \\ B = \dfrac{\beta_1}{\alpha_1^2+\beta_1^2} - \dfrac{e^{(\alpha_1-\alpha_2)l}}{\alpha_2^2+\beta_2^2}[\beta_2\cos(\beta_1 l-\beta_2 l)-\alpha_2\sin(\beta_1 l-\beta_2 l)]. \end{cases}$$

En introduisant les valeurs des constantes d'intégration dans les solutions générales, on obtient les relations qui permettent le calcul du ni-

veau de l'eau et du débit de l'onde dans n'importe quelle section du canal et à n'importe quel moment :

$$(30)\quad \begin{cases} z = r\left[e^{\alpha_1 s}\cos(\omega t+\beta_1 s+\varphi) - e^{(\alpha_1-\alpha_2)l+\alpha_2 s}\cos(\omega t+\beta_2 s+\varphi+\beta_1 l-\beta_2 l)\right], \\ q = \omega B_0 r\left\{\dfrac{e^{\alpha_1 s}}{\alpha_1^2+\beta_1^2}\left[\beta_1\cos(\omega t+\beta_1 s+\varphi)-\alpha_1\sin(\omega t+\beta_1 s+\varphi)\right]-\right. \\ \quad -\dfrac{e^{(\alpha_1-\alpha_2)l+\alpha_2 s}}{\alpha_2^2+\beta_2^2}\left[\beta_2\cos(\omega t+\beta_2 s+\varphi+\beta_1 l-\beta_2 l)-\right. \\ \qquad \left.\left.\alpha_2\sin(\omega t+\beta_2 s+\varphi+\beta_1 l-\beta_2 l)\right]\right\}. \end{cases}$$

Pratiquement il est intéressant à connaître surtout les niveaux dans la section aval du bief et les débits dans la section amont du même bief. On obtient :

$$(31)\quad \begin{cases} z = r\left[\cos(\omega t+\varphi) - e^{(\alpha_1-\alpha_2)l}\cos(\omega t+\varphi+\beta_1 l-\beta_2 l)\right], \\ q = \omega B_0 r e^{\alpha_1 l}\left[\left(\dfrac{\beta_1}{\alpha_1^2+\beta_1^2}-\dfrac{\beta_2}{\alpha_2^2+\beta_2^2}\right)\cos(\omega t+\beta_1 l+\varphi)-\right. \\ \quad \left.-\left(\dfrac{\alpha_1}{\alpha_1^2+\beta_1^2}-\dfrac{\alpha_2}{\alpha_2^2+\beta_2^2}\right)\sin(\omega t+\beta_1 l+\varphi)\right]. \end{cases}$$

Les relations obtenues permettent à déterminer les niveaux et les débits à n'importe quel moment et dans n'importe quelle section du bief d'un canal automatisé, avec commande de l'amont ou de l'aval.

Il reste à établir la manière d'utiliser ces résultats pour le choix de la longueur optimum du bief.

Dans le cas où le niveau du bief d'amont est maintenu constant, on construit un diagramme auxiliaire dans lequel, pour différentes longueurs du bief, on inscrit les profondeurs de l'eau dans la section aval du bief qui correspondent au régime uniforme et au régime hydrostatique, de même que les profondeurs maxima et minima calculées par la méthode ci-dessus.

L'intersection de la courbe du régime hydrostatique et celle des profondeurs maxima fournit la longueur optimum du bief, en supposant aussi que les restrictions éventuelles qui pourraient être formulées concernant la profondeur minimum de l'eau soient satisfaites.

À cette longueur optimum le niveau maximum dans le canal, la section aval du bief, coïncide avec le niveau hydrostatique (qui se réalise à l'arrêt du fonctionnement du système) de telle sorte qu'il n'exige plus des dépenses supplémentaires.

Dans le cadre de l'exemple de calcul présenté dans ce qui suit, un tel diagramme est présenté dans la fig. 5.

Au cas où le niveau aval du bief est maintenu constant, on construit aussi un diagramme auxiliaire, dans lequel, pour différentes longueurs du bief, sont tracées les profondeurs maxima et minima de l'eau dans la section amont du bief, qui correspondent au régime uniforme et au régime hydrostatique, profondeurs calculées par la méthode proposée.

On précise, aussi, sur le diagramme, les éventuelles restrictions concernant la profondeur maximum et minimum dans la section amont du bief. La détermination concrète de ces restrictions dépend de plusieurs facteurs, parmi lesquels le type de vanne automatique adopté, les niveaux des couronnements et des imperméabilisations.

Outre celà, on trace la profondeur de l'eau qui correspond à l'écoulement du débit maximum, tout comme si ce débit coulerait en régime permanent.

Le bief est considéré optimum si le régime non-permanent n'apporte aucun supplément de niveau par rapport au régime uniforme correspondant au débit maximum, parce qu'en ce cas ne sont plus nécessaires des dépenses supplémentaires. Un tel diagramme est présenté dans la fig. 8.

4. Exemple de calcul

On se propose à déterminer la longueur optimum d'un bief d'un canal d'adduction dans un système d'irrigation en exploitation, en vue de son automation, tant dans le cas de la commande de l'amont que dans celui de la commande de l'aval.

Les paramètres de commande sont les suivants : a) débit moyen : $Q_0 = 3{,}3876$ m³/s, b) débit maximum : $Q_{max} = 4{,}183$ m³/s, c) pente du fond du canal : $J = 0{,}2‰$, d) inclinaison des talus dans la section trapézoïdale d'écoulement $m = \text{ctg}\,\theta = 1{,}5$, e) coefficient de rugosité, $n = 0{,}020$, f) largeur au fond du canal, $b = 1{,}00$ m, g) la hauteur de l'eau dans le cas de l'écoulement du débit moyen en régime permanent et uniforme, $h_0 = 1{,}608$ m, h) idem au cas du débit maximum, $h = 1{,}768$ m, i) section vive correspondante à l'écoulement du débit moyen en régime permanent et uniforme, $A_0 = 5{,}4842$ m², j) vitesse moyenne dans le même régime, $v_0 = 0{,}6177$ m/s, k) largeur du canal au niveau de l'eau, $B_0 = 5{,}823$ m.

Le diagramme de variation du débit utilisé dans la section aval du bief est présenté dans la fig. 2. Dans le même diagramme on a representé aussi le graphique approché par les harmoniques qui correspondent à la division de la période (24 h) en 24 parties égales et le graphi-

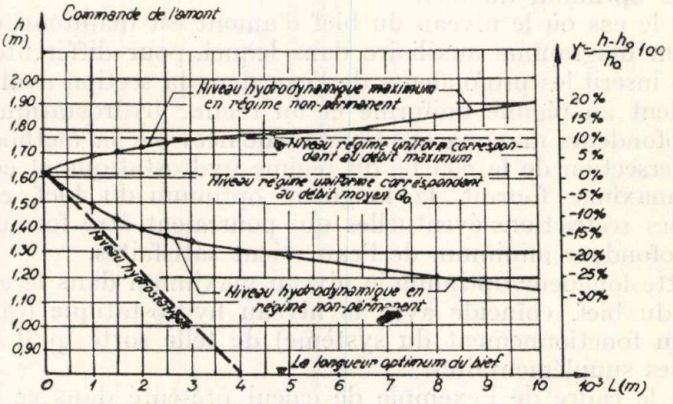

Fig. 8. — Graphique pour la détermination de la longueur optimum des biefs ; commande de l'amont.

que approché par les premières 12 harmoniques des 24 harmoniques qui correspondent à la division de la période en 48 parties égales. On constate que, dans le premier cas, l'erreur maximum relative est d'environ 25%, tandis que dans le deuxième cas, elle baisse à seulement 4%.

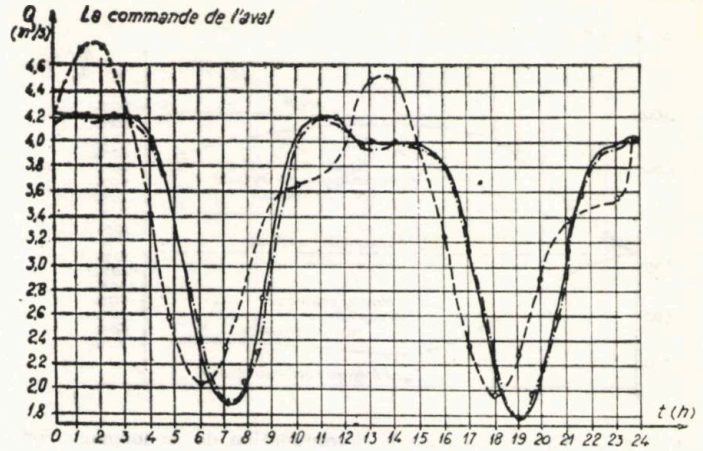

Fig. 2. — La variation journalière des débits de consommation dans la section aval du bief reglé ; graphiques de consommation exprimés par des fonctions trigonometriques : — 12 harmoniques d'entre 12 ; —. — les premières 12 harmoniques de 24 ; — — — graphique réel de consommation, débit moyen $Q_0 = 3{,}388$ m³/s.

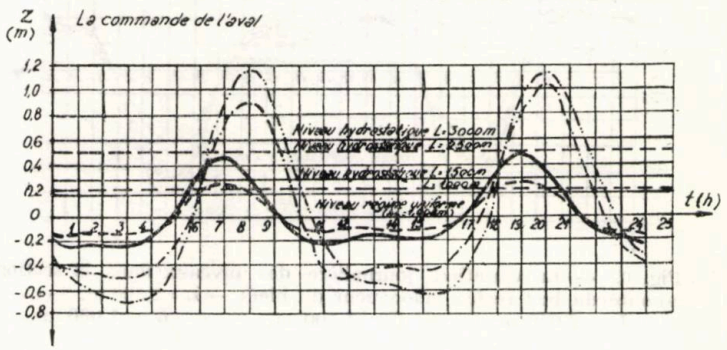

Fig. 3. — La variation journalière des niveaux dans la section aval du bief reglé : — $L = 3\,000$ m, —. — $L = 2\,500$ m, —.. — $L = 1\,500$ m, — — — $L = 1\,000$ m.

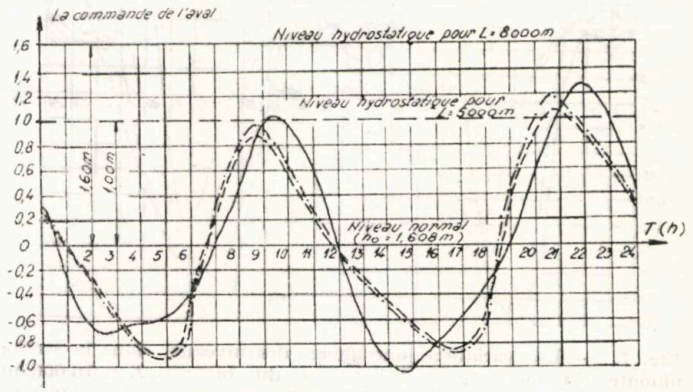

Fig. 4. — La variation journalière des niveaux dans la section aval du bief reglé : — $L = 5\,000$ m, —. — $L = 8\,000$ m, — — — $L = \infty$.

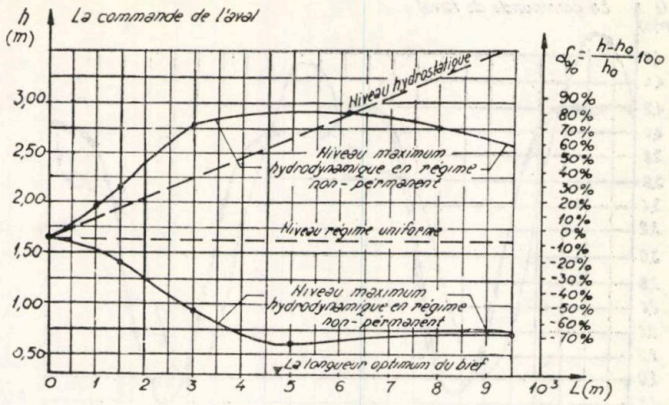

Fig. 5. — Graphique pour la détermination de la longueur optimum des biefs ; commande de l'aval.

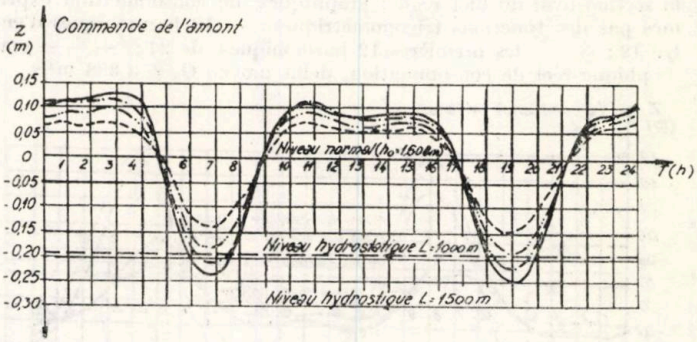

Fig. 6. — La variation journalière des niveaux dans la section amonte du bief reglé ; la longueur du bief : — L=2 500 m, — . . — L = 2 000 m, — . — L = 1 500 m, — — — L = 1 000 m.

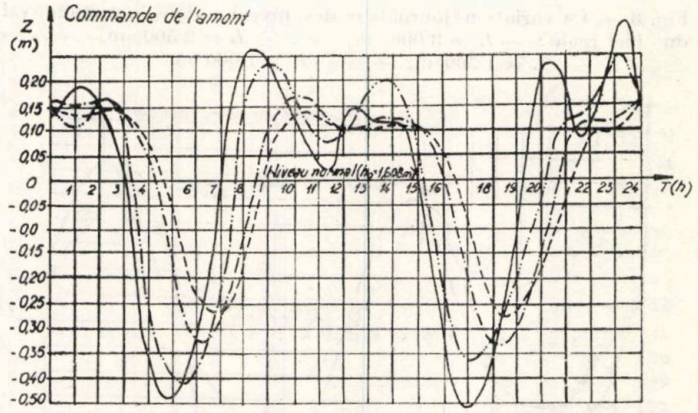

Fig. 7. — La variation journalière des niveaux dans la section amonte du bief reglé ; la longueur du bief : — L = 10 000 m, — . . — L = 8 000 m, — . — L = 5 000 m, — — — L = 3 000 m.

Dans les figs. 3 et 4 on représente la variation du niveau dans la section aval du bief (le niveau dans la section amont du bief étant maintenu constant par la vanne automatique) pour des longueurs du bief de $l = 1\,000$ m, 1 500 m, 2 500 m, 3 000 m, 5 000 m, 8 000 m et pour $l \to \infty$.

C'est à l'aide des niveaux maxima et minima qui correspondent à chaque longueur du bief qu'on a tracé le graphique de la fig. 5, d'où il en résulte une longueur optimum du bief de 6 350 m. C'est la longueur maximum à laquelle le canal peut être exécuté avec le couronnement horizontal, le régime non-permanent programmé ne produisant aucune onde qui dépasse ce niveau.

Dans les figs. 6 et 7 a on représenté la variation du niveau dans la section amont du bief (le niveau dans la section aval du bief étant maintenu constant par la vanne automatique) pour des longueurs du bief $l = 1\,000$ m, 1 500 m, 2 000 m, 2 500 m, 3 000 m, 5 000 m, 8 000 m et 10 000 m. C'est avec les niveaux maxima et minima qui correspondent à chaque longueur du bief qu'on a tracé le diagramme de la fig. 8. Il résulte une longueur optimum du bief de 4 650 m, pour le critère optimal formulé.

Puisque dans le cas de la commande de l'amont le couronnement du canal s'exécute paralèllement à son fond, il résulte que, par rapport au cas de cette commande, on réalise une économie aux travaux de terrassements et d'imperméabilisations, mais on obtient une longueur optimum du bief plus courte, ce qui implique un dépassement relatif dû aux installations d'automation (nombre plus élevé de vannes).

Il en résulte qu'après la stabilisation de la longueur optimum du bief, dans les deux variantes de commande, on doit effectuer un calcul technico-économique spécial pour préciser laquelle des deux solutions optimales reste à adopter.

5. Conclusions

Pour établir la longueur optimum du bief réglé par une vanne automatique on doit parcourir les étapes suivantes :

1° On précise les conditions à la limite, respectivement dans la section de la vanne le niveau est considéré constant et égal au niveau auquel, en régime uniforme, coulerait le débit moyen.

En outre il faut connaître la variation journalière des débits dans la section aval du bief.

2° On apprécie la variation journalière des débits par une somme d'harmoniques simples.

3° On détermine la variation journalière des niveaux dans la section extrème du bief, opposée à la vanne de réglage, pour différentes longueurs du bief.

4° On construit le diagramme auxiliaire qui indique la manière de variation des niveaux maxima et minima en fonction de la longueur du bief.

5° On établit la longueur optimum du bief.

6° On procède à la vérification avec le débit modifié, tout en établissant ainsi la hauteur de garde.

Reçue le 28 juin 1977

Institut Polytechnique, Jassy,
Chaire de Hydraulique et Hydroamélíorations

BIBLIOGRAPHIE

1. Чертоусов М. Д., *Гидравлика—специальный курс.* ГЭИ, М.—Л., 1962.
2. Blidaru V., *Sisteme de irigaţii şi drenaje.* EDP, Buc., 1976.
3. Angot A., *Compléments de mathématiques.* ERO, Paris, 1961.

4. Clément R., *Calcul des débits dans les réseaux d'irrigation fonctionant à la demande.* La Houille Blanche, *5*, (1966).
5. Hâncu S., Rus E., Dan P., *Modele matematice pentru studiul stabilității fluidelor în sisteme hidraulice cu regulatoare automate.* Simpos. AIRH cu tema „Stabilitatea mișcării fluidelor în sisteme hidraulice cu regulatoare automate", Buc., 1976.

CONTRIBUȚII LA MODERNIZAREA REȚELELOR DE IRIGAȚII PENTRU FUNCȚIONARE AUTOMATĂ

(Rezumat)

Se studiază problema determinării lungimii optime a biefurilor automatizate ale canalelor de aducțiune ale sistemelor de irigații. Studiul se bazează pe sistemul Saint Venant de ecuații corespunzător curgerii nepermanente în canale prismatice și pe simplificările uzuale din teoria micilor oscilații, care permit liniarizarea sistemului.

Bieful se consideră de lungime optimă dacă are o lungime maximă care nu necesită lucrări suplimentare față de regimul hidrostatic sau față de regimul permanent și uniform.

Metoda expusă este ilustrată printr-un exemplu de calcul, care se referă atît la cazul automatizării cu comandă amonte cît și la cel al automatizării cu comandă aval. Cele două tipuri de automatizări conduc, în general, la lungimi optime diferite. Pentru precizarea soluției care urmează a se adopta, dintre cele două variante optime, este necesar un calcul tehnico-economic suplimentar.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXIII (XXVII), Fasc. 3—4, 1977
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

D. C. 626.01

CONTRIBUTIONS TO THE IMPROVEMENT OF THE DETERMINATION ACCURACY FOR CALIBRATION CURVES OF THE CURRENT METERS

BY

ŞT. POPESCU, C. URSESCU and N. ŢĂRANU

1. Introduction

The current meters are nowadays the main measuring tools for natural and artificial water courses current velocity.

The current velocity value is determined by direct measuring of the current meter rotative speed (n), using the corelation $v = v(n)$ given by the calibration curve of the mentioned device.

A calibration consists in experimental determination of an adequate number of pair values (v_i , n_i), ($i = 1, 2,..., m$), that can define the calibration diagram and setting up the coefficients of Eq. (4). Many kinds of specialised stations are used for experimental surveying; a special station was designed and constructed at the Polytechnic Institute of Jassy, Department of Hydraulics and Hydraulic Improvements. It consists of: a) a rectangular channel that can be filled with standing water; b) an electric monorail crab which carries the current meters; c) a trolley runway suspended over the rectangular channel; d) a linear induction motor which drives the monorail crab; e) an automatic control installation and measuring instrumentation.

The control setting up possibilities provides a reasonable set of values to be obtained; this number of values covers the whole utilisation range of the usual current meters.

2. Theoretical Considerations

Taking into account the dynamic equilibrium between the active revolving couple and the resistent one, a general characteristic equation under implicit form was written by L. A. O t t, and is expressed by O t t's hyperbola:

$$(v - a_1 - k_1 n)(v - a_2 - k_2 n) = c_1^2, \tag{1}$$

where a_1 , a_2 , k_1 , k_2 , c_1 are five independent constants, each of them with a remarcable geometric implication. In fact only the branch of O t t's

hyperbola located in the first quadrant ($n \geqslant 0$ and $v \geqslant 0$), whose asymptote is :

$$v = a_1 + k_1 n, \tag{2}$$

has a practical importance.

Since the parameter which can be measured directly is the rotative speed n, in order to derive easily the current velocity, v from Eq. (1) is explicited, retaining only plus in front of the radical, so that ($n \geqslant 0$ and $v \geqslant 0$) :

$$v = \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{k_1 + k_2}{2} n + \sqrt{\left(\frac{a_1 - a_2}{2} + \frac{k_1 - k_2}{2} n\right)^2 + c_1^2}. \tag{3}$$

After some simple algebraic calculations the theoretical equation of the calibrating curve becomes :

$$v(n) = \sqrt{a + bn + cn^2} + d + en. \tag{4}$$

Let the natural number m, the real number array $n_1, n_2, \ldots, n_m$ and $v_1, v_2, \ldots, v_m$. Let us determine the real parameters a, b, c, d, e, of Eq. (4) so that the approximative conditions : $v_1 \approx v(n_1), \ldots, v_m \approx v(n_m)$ are fulfilled. More precisely it is intented to determine a, b, c, d, e as a minimum point of function :

$$f(a, b, c, d, e) = \sum_{i=1}^{m} \{[v_i - (d + en_i)]^2 - (a + bn_i + cn_i^2)\}^2,$$

which is nonnegative and vanishes for $v(n_1) = v_1, \ldots, v(n_m) = v_m$.

Proposition. *Function f has a unique minimum point if and only if matrix*

$$\begin{Vmatrix} 1 & 1 & \ldots & 1 \\ n_1 & n_2 & \ldots & n_m \\ n_1^2 & n_2^2 & \ldots & n_m^2 \\ v_1 & v_2 & \ldots & v_m \\ n_1 v_1 & n_2 v_2 & \ldots & n_m v_m \end{Vmatrix} \tag{6}$$

is of order five.

In that case the minimum point (a, b, c, d, e) fulfills the equalities :

$$a = \alpha + \frac{\delta^2}{4}, \quad b = \beta + \frac{\delta\varepsilon}{2}, \quad c = \gamma + \frac{\varepsilon^2}{4}, \quad d = \frac{\delta}{2}, \quad e = \frac{\varepsilon}{2}, \tag{7}$$

where $(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon)$ represents the solution of the following set of equations :

$$\begin{Vmatrix} m & \sum n_i & \sum n_i^2 & \sum v_i & \sum n_i v_i \\ \sum n_i & \sum n_i^2 & \sum n_i^3 & \sum n_i v_i & \sum n_i^2 v_i \\ \sum n_i^2 & \sum n_i^3 & \sum n_i^4 & \sum n_i^2 v_i & \sum n_i^3 v_i \\ \sum v_i & \sum n_i v_i & \sum n_i^2 v_i & \sum v_i^2 & \sum n_i v_i^2 \\ \sum n_i v_i & \sum n_i^2 v_i & \sum n_i^3 v_i & \sum n_i v_i^2 & \sum n_i^2 v_i^2 \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \delta \\ \varepsilon \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \sum v_i^2 \\ \sum n_i v_i^2 \\ \sum n_i^2 v_i^2 \\ \sum v_i^3 \\ \sum n_i v_i^3 \end{Vmatrix}. \tag{8}$$

Demonstration. From relation (5), after some calculations, we get :

$$f(a, b, c, d, e) = \sum_{i=1}^{m} \{v_i^2 - [a - d^2 + (b - 2de)n_i + (c - e^2)n_i^2 + 2dv_i + 2en_i v_i]\}^2.$$

Let :

$$\alpha = a - d^2, \quad \beta = b - 2de, \quad \gamma = c - e^2, \quad \delta = 2d, \quad \varepsilon = 2e$$

and :

$$\varphi(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon) = \sum_{i=1}^{m} [v_i^2 - (\alpha + \beta n_i + \gamma n_i^2 + \delta v_i + \varepsilon n_i v_i)]^2.$$

From the above relations we can derive (7) and $f(a, b, c, d, e) = \varphi(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon)$; consequently (a, b, c, d, e) is a minimum point of function f if and only if $(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon)$ is a minimum point of function φ. But φ has a unique minimum point if and only if matrix (6) is of order 5 ; in that case the minimum point $(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon)$ represents the solution for the set of Eqs. (8).

3. The Calibration Accuracy Determination

From Eq. (2), k_1 may be approximated as follows :

$$k_1 \approx \frac{v}{n} = \frac{l/t}{N/t} = \frac{l}{N}. \tag{9}$$

After [2] it results :

$$\varepsilon_{rk_1} = \varepsilon_{rl} + \varepsilon_{rN}. \tag{10}$$

Since the installation provides the measuring conditions for the lenght l, which corresponds to N signals emitted by the current meter propeller, it can be written :

$$\varepsilon_{r\,N} = 0.$$

Thus length (l) is determined by counting the pulse signals emitted by a photoelectric cell, using the formula :

$$l = N_s l_0 ; \tag{11}$$

then :

$$\varepsilon_{rl} = \varepsilon_{rN_s} + \varepsilon_{rl_0}. \tag{12}$$

Since $l \in [(N_s - 1)\, l_0\,, (N_s + 1)\, l_0]$ we have :

$$\varepsilon_{rN_s} = \frac{1}{N_s} \approx \frac{l_0}{l_{min}}. \tag{13}$$

Taking into account the calibration procedure for l_0, we can write :

$$l_0 = \frac{l_e}{N_{se}}. \tag{14}$$

It results :

$$\varepsilon_{rl_0} = \varepsilon_{rl_e} + \varepsilon_{rN_{se}}, \tag{15}$$

where :

$$\varepsilon_{rl_e} = \frac{\varepsilon_{l_e}}{l_e} = \frac{\varepsilon_0 \sqrt{l_e l_r}}{l_e} = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{l_r l_e}} \quad \text{and} \quad \varepsilon_{rN_{se}} \approx \varepsilon_{rN_s}. \tag{16}$$

If relations (12), (13), (15), (16) are introduced in (10) we get :

$$\varepsilon_{rk_1} = \frac{2l_0}{l_{\min}} + \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{l_r l_e}}. \tag{17}$$

Relation (17) represents, by generalization, the computation inaccuracy for the calibration curve (4), when the tests number equalizes the coefficients number. This error is an essential characteristic of the experimental installation and the measuring procedure. For the utilized installation, having the following technical characteristics :

$$l_0 = 2 \text{ mm}, \quad l_{\min} = 20 \text{ m}, \quad l_e = 25 \text{ m}, \quad l_r = 2 \text{ m}, \quad \varepsilon_0 = 1 \text{ mm},$$

it results :

$$\varepsilon_{rk_1} = 16.3 \times 10^{-4} = 0.163\%.$$

In order to avoid the repetitive errors, introducing the experimental corrections of the same size order, the characteristic error ε_r of the installation can be overestimated to :

$$\varepsilon_r = 3\varepsilon_{rk_1} \approx 0.5\%.$$

The experimental accuracy determination of the calibration curve depends on : a) the accuracy of relation (4) compared to the real dependence between v and n ; b) the characteristic error of the experimental installation ; c) the tests number.

The absolute global error can be calculated from the following indicators :

a) the standards deviation :

$$s = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{i=1}^{m} [v_i - v(a, b, c, d, e)]^2}; \tag{18}$$

b) the probable error :

$$\rho = 0.6745\, s; \tag{19}$$

c) the absolute mean error :

$$\nu = 0.7979\, s; \tag{20}$$

d) the absolute error ε based on the degree of reliability P, that must satisfy the following relation :

$$\varepsilon < t(P, K)\frac{s}{\sqrt{m}}, \tag{21}$$

where the degree of freedom number K is equal to $m - 5$, and $t(P, K)$ is a tabulated function [2].

The corresponding relative errors were calculated by dividing the absolute error to the mean value of velocity :

$$\bar{v} = \sum_{i=1}^{m} \frac{v_i}{m}. \tag{22}$$

When the error value is prescribed, relation (21) gives the least required number of the experimental tests.

4. Numerical Example

A computer program in FORTRAN IV language was written for an automatic processing of the experimental results.

The programm was written to solve the following operations : a) the calibration curve coefficients computation ; b) the standard deviation computation ; c) the calibration curve tabulation.

The program checking was based on the values showed in Fig. 1, ($m = 24$), and the following expression was obtained for the calibration curve :

$$v = \sqrt{1.27 \times 10^{-4} + 1.036 \times 10^{-6} n + 2.065 \times 10^{-7} n^2} + 1.709 \times 10^{-2} + 2.389 \times 10^{-1} n.$$

The standard deviation s and the probable error ρ had the following values :

$$s = 2.0409 \times 10^{-2}; \quad \rho = 1.6295 \times 10^{-2}.$$

In Fig. 1 the computed calibration curve, based on Table 1, is drawn. The curve portion for small values of n and v is shown at an enlarged scale.

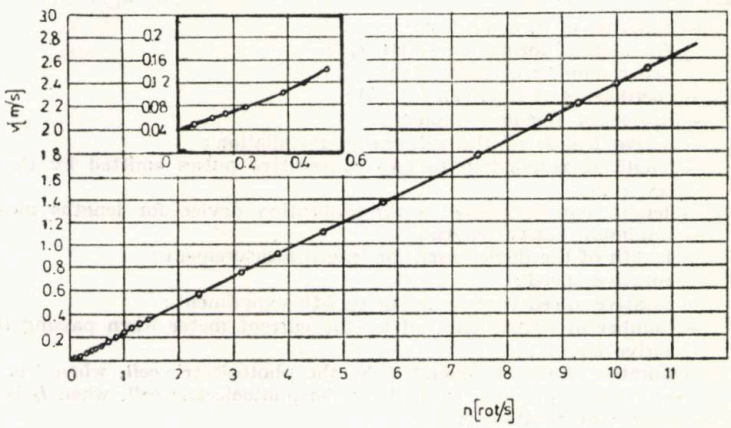

Fig. 1

Table 1

v	0.039	0.050	0.060	0.068	0.080	0.107	0.125	0.144	0.190	0.230	0.254	0.296
n	0.00	0.08	0.15	0.20	0.27	0.39	0.48	0.57	0.76	0.93	1.05	1.21

v	0.324	0.364	0.550	0.745	0.912	1.12	1.38	1.80	2.12	2.24	2.42	2.53
n	1.32	1.49	2.32	3.08	3.84	4.64	5.70	7.43	8.78	9.28	9.97	10.57

5. Conclusions

The current meters calibration rises some questions regarding the measuring accuracy.

The paper presents a computation procedure for coefficients of Eq. (3) based on original expressions. A computer program was written for data processing. The tests number required by the calibration curve drawing based on the desired degree of realiability and precission is presented.

List of Symbols

a_1, a_2 — coefficients of Eqs. (1), (2), (3);
a, b, c, d, e — coefficients of the calibration curve, Eq. (4);
ε — absolute error:
ε_r — relative error;
ε_0 — absolute error for the length measuring device;
ε_{rk_1}, ε_{rl}, ε_{rl_e}, ε_{rl_0}, ε_{rN}, ε_{rN_s}, $\varepsilon_{rN_{se}}$ — relative errors concerning k_1, l, l_e, l_0, N, N_s, N_{se};
f — function of a, b, c, d, e;
φ — function of formal variables α, β, γ, δ, ε;
i — order number of the tests;
k_1, k_2 — coefficients of Eqs. (1), (2), (3);
K — degree of freedom number;
l — active length of the calibration installation;
l_0 — length corresponding to two consecutive pulses emitted by the photoelectric cell;
l_e — length corresponding to the calibration device for lengths measurement;
l_{min} — minimum active length;
l_r — length of the device used for length measurement;
n — rotative speed;
n_i — rotative speed corresponding to i-th experiment;
N — number of signals emitted by the current meter when passing through the active length;
N_s — number of pulses generated by the photoelectric cell, when l is measured;
N_{se} — number of pulses generated by the photoelectric cell, when l_e is measured;
P — degree of reliability;
ρ — probable error;
s — standard deviation;

t — a tabulated function of P and K;
v_i — current velocity corresponding to i-th experiment;
v — current velocity;
$\overline{v}$ — average value of the current velocity;
ν — mean absolute error.

Received, Mai 12, 1977

Polytechnic Institute, Jassy,
Department of Hydraulics and Hydraulic Improvements

REFERENCES

1. Лучисева А. А., *Практическая гидрометрия.* Ленинград, 1954.
2. Rumsiski L. Z., *Prelucrarea matematică a datelor experimentale,* (transl. from Russian). Ed. Tehn., Buc., 1974.

CONTRIBUŢII LA ÎMBUNĂTĂŢIREA PRECIZIEI DETERMINĂRII CURBELOR DE TARARE ALE MORIŞTILOR HIDROMETRICE

(Rezumat)

Tararea moriştilor hidrometrice ridică unele probleme speciale legate de precizia de măsurare.

Se prezintă un procedeu de calcul pentru coeficienţii ecuaţiei (3) pe baza unor expresii originale. A fost întocmit un program de calcul automat pentru prelucrarea şi determinarea datelor experimentale. Precizia instalaţiei de tarare corespunde cerinţelor experimentale. Se precizează numărul determinărilor experimentale necesare ridicării curbei de tarare, cu nivelul de încredere şi precizia dorită.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXIII (XXVII), Fasc. 3—4, 1977
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C. Z. 626.1

CERCETĂRI ASUPRA UNOR CANALE DE COASTĂ PENTRU REGULARIZAREA SCURGERILOR PE VERSANȚI ÎN ZONA PUTNA—VRANCEA

DE

V. BĂLOIU și N. POPOVICI

1. Localizarea lucrărilor

Cercetările întreprinse au avut drept obiect canalele de coastă amplasate în via stațiunii experimentale viticole Odobești și în bazinele de recepție ale formațiunilor torențiale de pe teritoriul comunei Jariștea.

Canalele de la stațiunea de cercetări au fost proiectate și executate de O.I.F., Vrancea, în anul 1969, iar cele din sectorul superior al bazinelor torenților din Jariștea au fost proiectate de T.C.I.F., Galați și executate de O.I.F.P.C.A., Vrancea, în 1975.

2. Canalele de coastă din plantațiile viticole

Canalele de coastă din vie funcționează de șapte ani și în cea mai mare parte au secțiunea trapezoidală, cu pante longitudinale reduse, de la 0,5% la 1%, mai ales cele amplasate pe lîngă drumurile de exploatare; doar o mică parte din aceste canale au secțiunea albiată și pante mai mari, pînă la 5%. Canalele de lîngă drumuri sînt consolidate cu beton iar cele albiate sînt consolidate cu pereu uscat din piatră. Lungimile canalelor și distanțele dintre acestea sînt în concordanță cu dimensiunile unităților teritoriale de lucru pe marginea cărora sînt amplasate, precum și cu distanțele pînă la debușeele naturale care sînt sub formă de ravene consolidate prin împădurire și chiar prin praguri și baraje cum este ravena Șarba.

Proiectarea canalelor în privința amplasamentelor, distanțelor dintre ele, dimensiunilor și consolidării lor, precum și a confluențelor cu ravenele în amonte de lucrările transversale au fost găsite corespunzătoare din punct de vedere tehnic și economic și au avut o influență favorabilă asupra funcționării acestor canale. Canalele de coastă de aici au exercitat un efect favorabil asupra regularizării scurgerilor pe versanții cu vie, fiind colectate și evacuate apele de scurgere în exces, fără a se produce eroziuni periculoase în suprafață sau în adîncime.

Capacitatea de transport a acestor canale s-a dovedit corespunzătoare cerințelor de evacuare a debitelor de scurgere formate de pe o suprafață de circa 8 ha, în urma ploilor torențiale cu intensitate medie de 1 mm/min, considerîndu-se distanțele între canale de 400 m și un coeficient de scurgere egal cu 0,4.

Trebuie remarcat faptul că distanța mare între canale nu a afectat decît o mică suprafață scoasă din cultură iar funcționalitatea canalelor a fost ajutată și de modul în care s-au aplicat lucrările agrotehnice în vie în urma cărora au rezultat periodic biloane cu rol de reținere a apei, precum și rigole, pe rînduri de vie și intervale.

Consolidarea canalelor cu beton pe pante mai mici s-a dovedit avantajoasă deoarece datorită coeficientului de rugozitate redus, viteza curentului a fost suficientă pentru a nu se produce colmatări. Pe pante mai mari, proiectarea consolidării cu pereu de piatră în uscat a dus la reducerea vitezelor datorită rugozității mai mari și a secțiunii albiate mai largi (fig. 1).

Canalele din vie sînt și astăzi în stare de funcționare foarte bună, datorită nu numai proiectării ci și execuției și întreținerii lucrărilor. Execuția s-a dovedit corespunzătoare prin respectarea proiectului și prin faptul că nu s-a constatat nici o deteriorare a canalelor în condiții normale de funcționare. În privința întreținerii canalele au fost decolmatate în fiecare an, ori de cîte ori a fost necesar și nu s-au ivit încă situații mai deosebite pentru reparații.

Întreținerea canalelor de coastă se desfășoară în cele mai bune condiții datorită unei proiectări și execuții corespunzătoare, dar mai ales datorită faptului că terenul amenajat aparține unei stațiuni de cercetări, unde cerințele de întreținere sînt îndeplinite ireproșabil.

Ca o lipsă a proiectării, care conduce la apariția unor probleme mai grele de întreținere și exploatare, se poate considera lungimea prea mare a unuia dintre canale și trasarea unei părți a acestui canal (circa 350 m lungime în partea amonte) pe mijlocul unei poteci. Lungimea totală a canalului este de circa 850 m și în partea inferioară nu are capacitatea de transport necesară, debitul calculat fiind prea mare.

Se constată și o lipsă a întreținerii — materialul rezultat de la decolmatare pe unele sectoare de canal este așezat nerațional, chiar pe marginea canalului spre vie, astfel încît au rezultat supraînălțări ale taluzului de 10...100 cm care stînjenesc lucrările culturale, cu atît mai mult cu cît rîndul de vie este foarte apropiat de canal.

3. Canalele din bazinele de recepție ale torenților

Canalele sînt de tipul celor înclinate, au rolul funcțional de a intercepta apele de scurgere de pe pante de 3...10% din partea superioară a bazinelor de recepție ale unor torenți din zona Jariștea și conduc aceste ape în ravene consolidate prin împădurire și lucrări transversale. Traseele canalelor sînt dispuse de-a curmezișul pantelor terenului, întrerupînd continuitatea formațiunilor eroziunii în adîncime (rigole de șiroire și ogașe) orientate chiar pe linia de scurgere.

Fig. 1. — Canal consolidat cu beton din via stațiunii experimentale viticole, Odobești.

Fig. 2. —Canalul $C_n\ I_3$ din bazinul de recepție a unui torent din zona Putna —Vrancea.

Canalele cercetate sînt : $C_n I_2$ de 450 m lungime, $C_n I_3$ de 250 m (fig. 2), $C_n I_4$ de 900 m, $C_n I_5$ de 1 500 m, $C_n I_6$ de 600 m, $C_n I_7$ de 520 m și $C_n I_8$ de 550 m. Toate canalele sînt consolidate prin pereu de piatră în zidărie mozaicată de 15 cm grosime, cu excepția canalului $C_n I_5$, consolidat cu beton de 10 cm grosime ; acest canal fiind cel mai lung are două pante dintre care una este pe o lungime de 1 000 m.

Panta medie a acestor canale de coastă este 1% dar variază pe sectoare de mică lungime de la 0,1% la 5,41%.

Dimensiunile secțiunii sînt variabile : lățimea la fund 0,3...1 m, adîncimea 0,5...1,5 m, panta taluzelor 1/1...1/0,8.

Traseul canalelor este în cea mai mare parte dispus în aliniament, cu excepția unor sectoare de pe canalele $C_n I_3$, $C_n I_5$ și $C_n I_8$, cu un traseu neregulat din cauza formațiunilor eroziunii în adîncime.

Proiectarea acestor canale s-a făcut în ideea regularizării eficiente a scurgerii din preajma cumpenei apelor. imediat amonte de obîrșiile ravenelor care constituie ramificațiile adînci ale rețelelor de scurgere aparținînd unor torenți din zona Putna —Vrancea.

Datorită unor concepții greșite privind aspectul economic al proiectului, nu s-a realizat pe teren întreaga rețea de canale de coastă proiectată și din această cauză distanțele dintre canale variază de la 450 m la 900 m, unele canale fiind excluse de la execuție.

Concepția de a introduce în proiectarea amenajării torenților canalele de coastă, care reprezintă lucrările cele mai potrivite pentru regularizarea scurgerilor pe versanți, este foarte valoroasă deoarece s-a dovedit că numai lucrările transversale de pe rețeaua de scurgere și împădurire nu sînt suficiente pentru stăvilirea imediată a dezvoltării rețelei de scurgere a torenților ; dar, pentru ca regularizarea scurgerii prin aceste canale în bazinele de recepție să dea cele mai bune rezultate, este necesară o concordanță între proiectarea canalelor de coastă și proiectarea organizării teritoriului. Organizarea teritoriului în bazinele de recepție a torenților constă în repartizarea judicioasă a folosințelor pe teren, în împărțirea suprafeței de teren ocupată de fiecare folosință agricolă în unități teritoriale de lucru (tarlale sau parcele) și în trasarea drumurilor de exploatare.

Lungimea canalelor și distanțele dintre acestea trebuie să fie în concordanță cu unitățile teritoriale și cu drumurile de exploatare, astfel ca traseul să coincidă cu limitele unităților și să fie situat în apropierea drumurilor de exploatare ; capacitatea de transport a canalelor așezate la mari distanțe între ele este insuficientă dacă folosințele terenului dintre canale nu contribuie la reținerea unei părți însemnate din apa de scurgere, la micșorarea coeficientului de scurgere. Astfel, la cel mai mare canal, $C_n I_5$, capacitatea maximă de transport este de 4 m³/s pentru $\omega = 1{,}44$ m², $n = 0{,}02$, $R = 0{,}44$ m și $I = 0{,}01$. Această capacitate, pe care am verificat-o pe teren, corespunde, în condiții de funcționare optimă a canalului, unui debit format de pe suprafața de recepție a canalului în urma unei ploi cu durata de peste 15 min, cu intensitatea medie de 1 mm/min, în cazul cînd coeficientul de scurgere este sub 0,4. În condițiile pedoclimatice din zona Putna —Vrancea, intensitatea ploilor torențiale cu durata de 15 min este în mod frecvent peste 1 mm/min iar valoarea coeficientului de scurgere, pe un teren care prezintă șiroiri și ogașe dese, nu poate fi sub 0,4 decît

dacă folosința terenului este pădure sau pajiște încheiată bine sau o cereală păioasă, aceasta din urmă avînd o dezvoltare vegetativă maximă în perioada ploilor torențiale.

Pe terenurile pe care s-au realizat aceste canale de coastă sînt pășuni degradate, terenuri arabile slab productive ocupate în mare parte de culturi prășitoare (porumb), cîteva petece de vii hibride și tufărișuri.

În astfel de condiții, canalele mai lungi cu distanțe mai mari între ele nu pot funcționa în mod corespunzător din cauza debitului de scurgere prea mare. Aplicarea imediată pe teren a organizării teritoriului, mai ales în privința folosințelor corespunzătoare de teritoriu precum și a unor lucrări agrotehnice antierozionale, ar suplini lipsurile proiectării separate a canalelor de coastă, ar asigura condiții favorabile de reținere a apelor de scurgere astfel ca prin canale să poată fi evacuată numai o mică parte din scurgeri și anume excesul de apă neinfiltrată în timp util, care duce la concentrarea scurgerii în șiroaie cu mare putere de distrugere.

Datorită acelorași deficiențe ale proiectării se constată și producerea colmatării intense a unor sectoare de mică lungime pe trasee neregulate cu pante prea mici, reducînd secțiunea de scurgere în trei locuri cu peste 50%.

Execuția acestor canale este corespunzătoare și nu se constată nici o deteriorare a zidăriilor în al doilea an de funcționare a lor, deși au fost solicitate intens de către scurgerile torențiale.

În privința întreținerii lucrărilor, cum era și de așteptat, condițiile sînt mai puțin corespunzătoare decît la stațiunea de cercetări viticole și pun sub semnul întrebării posibilitatea funcționării corespunzătoare a canalelor în perspectivă. Chiar după scurta lor funcționare, în anii 1975 și 1976, s-a constatat că nu au fost decolmatate și nu s-au făcut reparații în cîteva locuri deteriorate de diferite vehicule.

Cu toate aceste lipsuri ale proiectării și întreținerii canalelor de coastă, se poate constata de pe acum eficiența lor tehnică deosebită, prin atenuarea în scurt timp a procesului de eroziune în adîncime; rigolele de șiroire și ogașele au încetat să se mai dezvolte pe o mare parte din porțiunile de pășune degradată, vegetația ierboasă a început să devină mai bine încheiată iar înaintarea vîrfurilor de ravenă ale rețelei torențiale a încetat în zona apărată de canale. De asemenea trebuie remarcat faptul că în condițiile grele de exploatare și întreținere, rezultate mult mai bune se obțin cu canalele consolidate cu beton sau zidărie cu mortar de ciment și piatră cioplită pe fața văzută, datorită faptului că în comparație cu cele de pămînt sînt mai rezistente la eroziune și din cauza valorii reduse a coeficientului de rugozitate se colmatează mult mai puțin; cele de pămînt sînt mai ieftine dar necesită lucrări de întreținere și dese refaceri costisitoare.

4. Concluzii

1. Canalele de coastă constituie cele mai eficiente lucrări de regularizare a scurgerilor pe versanți în privința atenuării proceselor de eroziune, în bazinele de recepție ale formațiunilor torențiale.

2. Proiectarea canalelor de coastă trebuie să fie în concordanță cu cerințele de organizare a teritoriului, cu lucrările agrotehnice specifice

fiecărei folosinţe de teren agricol şi să ţină seama de condiţiile reale în care se vor desfăşura operaţiile de întreţinere a canalelor.

3. Datorită condiţiilor mai bune de funcţionare şi exploatare este necesar să se dea prioritate canalelor consolidate mecanic cu rugozitate redusă, faţă de canalele de pământ înierbate.

Primită la 7 ianuarie 1977

Institutul politehnic, Iaşi,
Catedra de combaterea eroziunii solului,
pedologie şi topografie

RECHERCHES CONCERNANT LES CANAUX DE CÔTE POUR LA RÉGULARISATION DES ÉCOULEMENTS DES VERSANTS DANS LA RÉGION PUTNA—VRANCEA

(Résumé)

On présente les résultats des recherches concernant les canaux pour la régularisation des écoulements sur les terrains agricoles en pente.

On fait nombre de considérations concernant le calcul, l'exécution, l'entretien et l'exploitation des canaux emplacés dans la vignoble Odobeşti et dans les bassins de réception des torrents de la région Jariştea.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXIII (XXVII), Fasc. 3—4, 1977
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C. D. 633.19

INFLUENCE DE QUELQUES ÉLÉMENTS NUTRITIFS (N, P, K, Mo, B, Cu) SUR LE RYTHME DE SYNTHÈSE DE LA SUBSTANCE SÈCHE À SOYA

PAR

CHIRIL POPESCU et STELA AXINTE

1. Introduction

Le problème complexe de la nutrition des plantes de soya a été étudié par beaucoups de chercheurs, mais le rôle des microélements est encore peu connu. C'est ainsi que A. Lytynski et M. Kakzkowska [2] obtiennent une augmentation de récolte de grains de 101 kg/ha et l'augmentation du contenu en substances protéïques de 1%, employant comme engrais 3...5 kg/ha borax. P. Marinova [3] obtient une augmentation de la production des grains de 23,0%, en employant des engrais avec molibden mélangés au nitragin.

Les engrais avec N, P, K et des microéléments augmentent, en général, la production de grains et améliorent la qualité de la récolte mais le meilleur dosage d'engrais et la proportion entre divers éléments ne sont pas entièrement connus pour les divers conditions pédoclimatiques.

Dans cette Note nous nous sommes proposés de suivre l'effet combiné des engrais avec N, P, K et quelques microélements.

2. Méthode de travail

Pendant la période 1973—1974 ont été organisés des expériences dans des vases végétatives ayant la surface de 320 cm^2 et la capacité de 12,5 l. Dans ces vases on a introduit du sol de l'horizon A d'un tchernosiom moyen lévigué mélangé de 15% sable. Ce mélange avait la capacité au champ pour l'eau de 27,32% et le coefficient de flétrissement de 13,18%. La fertilité de ce mélange était petite, contenant seulement 0,11% N totalement, 4,32 mg P_2O_5 assimilable et 6,21 mg K_2O assimilable à 100 g sol. Les engrais ont été mélangés avec le sol avant l'ensemencement, et à V_{12} et V_{13} se sont appliqués extraradiculairement, à la fleuraison, les engrais avec du molibden et respectivement avec du bor. Les variantes expérimentales se trouvent données dans le tableau 1. À l'encemencement ont été employés des semences du sorte Chippewa—64. L'humidité du sol a été maintenue entre le plafon minimum de 70% de l'i.h.a.[1]) et la capacité au champ pour l'eau. La distance entre les vases végétatives a été fixée de telle ma-

[1]) i.h.a. = intervalle de l'humidité active.

Tableau 1

Les variantes expérimentées

Variante	Les engrais appliqués						
	NO_2		P_2O_5		K_2O		Avec microélements
	g/vase +	kg/ha ++	g/vase +	kg/ha ++	g/vase +	kg/ha ++	La substance utilisée
1	—	—	—	—	—	—	—
2	0,96	96	—	—	—	—	—
3	—	—	1,92	96	—	—	—
4	—	—	—	—	0,64	80	—
5	0,96	96	1,30	64	—	—	—
6	0,96	96	—	—	0,48	60	—
7	0,96	96	1,30	64	0,48	60	—
8	0,96	96	1,92	96	0,64	80	—
9	0,96	96	1,92	96	0,64	80	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$
10	0,96	96	1,92	96	0,64	80	$CuSO_4$
11	0,96	96	1,92	96	0,64	80	$Na_2B_4O_7$
12	0,96	96	1,92	96	0,64	80	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$
13	0,96	96	1,92	96	0,64	80	$Na_2B_4O_7$

+ — substance brute; ++ — substance active.

nière, que la densité des plantes soit pareille à celle existante au champ. Pour connaître le rythme de synthèse de la substance sèche les plantes ont été récoltées à cinq époques différentes: I — à la levée; II — au commencement de la fleuraison; III — à la fin de la fleuraison et au commencement de la fructification; IV — à la fin de la fructification; V — à la maturité. À chaque époque de la récolte on a employé quatre répétitions avec deux vases végetatives pour chaque époque. Après la récolte les différentes parties de la plante ont été séparées en déterminant la substance sèche. Les résultats obtenus ont été interprétés par la méthode de l'analyse de la variance, en employant les différences limites.

3. Résultats obtenus

À la récolte des plantes dans des diverses phases de végétation on a obtenu les donnés notés dans les tableaux 2 et 3 et dans les figs. 1...4. Ceux-ci montrent que les engrais employés ont modifié, en général, les caractéristiques morphologiques des plantes et la composition chimique des grains. C'est ainsi que les engrais qui contiennent azote (V_2) ont stimulé en quelque mesure l'accroissement des tiges et des feuilles sans trop modifier les autres caractéristiques. La production de grains augmente avec 20,3% par rapport au témoin (V_1) et leur contenu en substances protéïques avec 1,58%.

Les engrais phosphatiques (V_3) déterminent une augmentation et une ramification plus grande des tiges en augmentant le nombre de fruits sur la plante, le nombre de grains dans la cosse et en déterminant la formation des fruits dans une position plus haute sur la tige. La production de grains augmente de 28,2%.

Tableau 2

Quelques caractéristiques des plantes de soya

Variante	Ramifications sur la plante		Fouilles trifoliées		Cosses sur la plante		Grains dans la cosse		Hauteur d'insertion de la première cosse	
	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
1	1,4	100,0	18,2	100,0	22,6	100,0	1,87	100,0	7,87	100,0
2	1,6	114,2	18,3	100,5	27,6	122,1	2,00	106,9	5,65	71,7
3	2,3	164,2	17,7	97,2	31,0	137,1	2,9	155,0	12,06	153,2
4	2,0	142,8	21,8	119,7	31,6	139,8	2,4	128,3	11,8	149,9
5	1,3	92,8	20,6	131,1	33,6	148,6	1,7	90,9	10,3	130,8
6	2,0	142,8	18,0	98,9	26,6	117,6	2,3	122,9	12,0	153,7
7	1,6	142,2	20,6	113,1	29,0	128,3	1,8	96,2	8,0	101,6
8	1,0	71,5	18,0	98,9	39,3	173,8	2,0	106,9	10,0	127,0
9	2,3	164,2	20,3	111,5	37,3	165,0	1,95	104,2	10,0	127,0
10	1,6	114,2	17,6	96,7	30,6	135,3	1,55	82,8	6,23	79,1
11	1,0	71,5	17,3	94,5	32,0	146,5	1,75	93,5	11,96	151,9
12	1,6	114,2	19,3	106,0	33,6	148,6	1,40	74,8	9,83	124,9
13	1,6	114,2	18,8	103,2	32,5	143,8	1,45	77,5	12,60	160,1

Tableau 3

La production de grains et quelques caractéristiques calitatives

Variante	La production de grains, substance sèche g/vase	% par rapport à V_1	La différence par rapport à V_1 g/vase	La signification	La graisse brute		Protéïne brute	
					% de la substance sèche	% par rapport à V_1	% de la substance sèche	% par rapport à V_1
1	22,04	100,0	—		23,97	100,0	29,51	100,0
2	26,52	120,3	+ 4,48	*	24,41	101,8	31,09	105,3
3	28,26	128,2	+ 6,22	* *	23,84	99,5	29,57	100,0
4	24,67	111,9	+ 2,63		26,09	108,8	26,59	90,1
5	25,59	116,1	+ 3,55		24,21	101,0	30,78	104,3
6	25,16	114,1	+ 3,12		24,74	103,2	28,58	96,8
7	26,27	119,1	+ 4,23	*	24,80	103,4	27,71	94,2
8	28,40	137,9	+ 6,36	* *	26,44	110,3	29,51	100,0
9	29,02	131,6	+ 6,98	* * *	23,80	99,2	30,78	104,3
10	25,81	117,5	+ 3,77		25,88	108,0	28,91	97,9
11	31,86	145,0	+ 9,82	* * *	24,36	101,6	30,47	103,2
12	31,12	141,1	+ 9,08	* * *	26,40	110,1	28,71	97,2
13	32,11	145,6	+10,07	* * *	23,00	93,9	30,92	104,7

DL 5% = 3,98 g; DL 1% = 5,30 g; DL 0,1% = 6,92 g.

Les engrais potassiques (V_4) stimulent les ramifications de la tige et la formation d'un nombre plus grand de feuilles mais avec un poids plus réduit. Les fruits se développent plus haut sur la tige, avec un grand nombre de breuses, mais la production de grains n'augmente pas qu'un peu.

Le contenu en huile des grains augmente avec 2,11% et le contenu en substances protéïques est plus petit par rapport au témoin.

En associant les engrais avec azote aux celles phosphatiques (V_{15}) on obtient un développement propre aux plantes qui ferment plusieurs feuilles mais ayant un nombre réduit de grains et un contenu en substances protéïques plus grand que le témoin avec 1,27%.

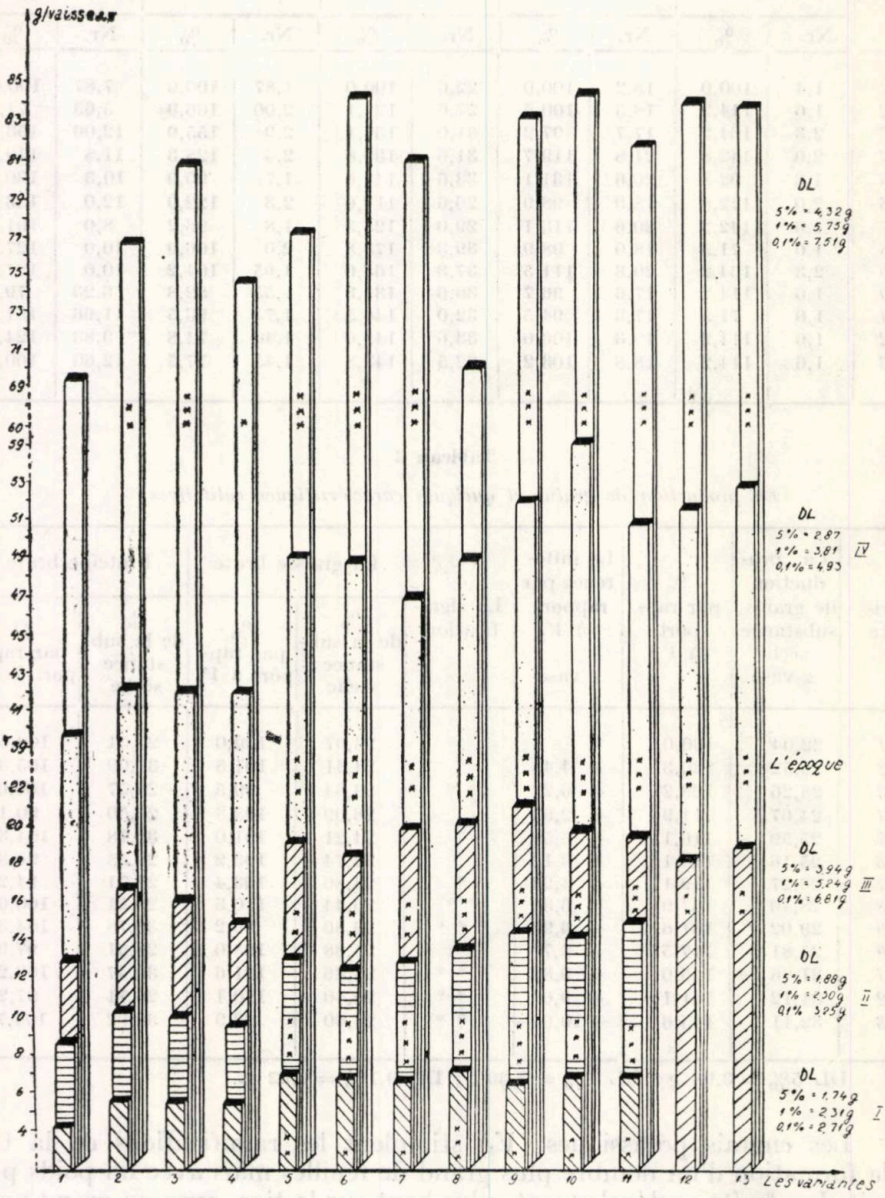

Fig. 1. — L'accumulation de la substance sèche à soya sous l'influence des engrais; total parties aeriennes g/vaisseau.

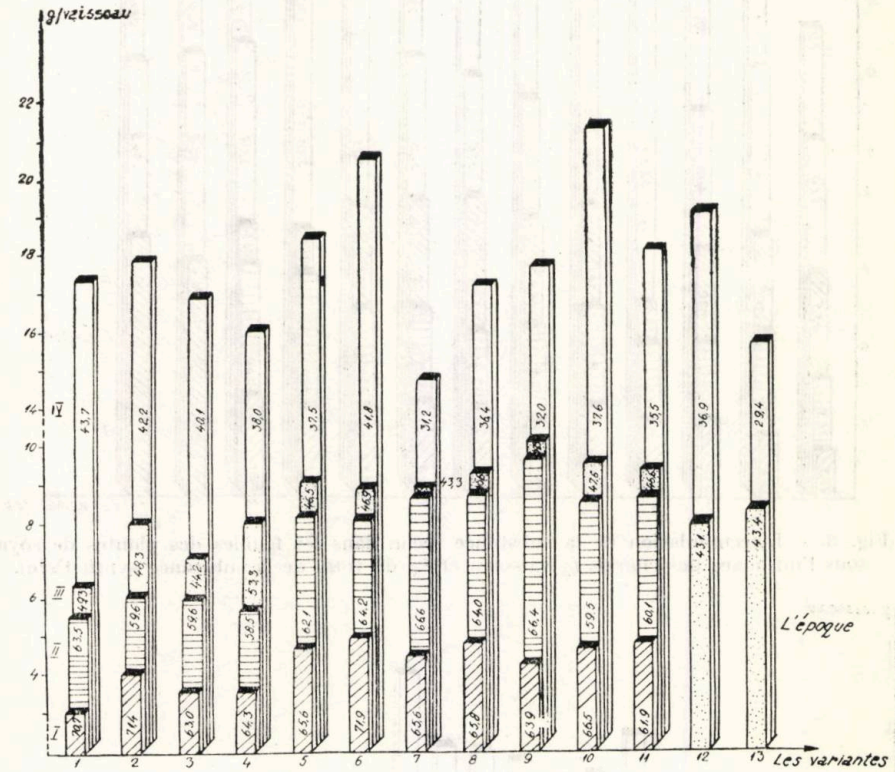

Fig. 2. — La dynamique d'accumulation de la substance sèche dans les tiges des plantes de soya (g/vaisseau et % du total).

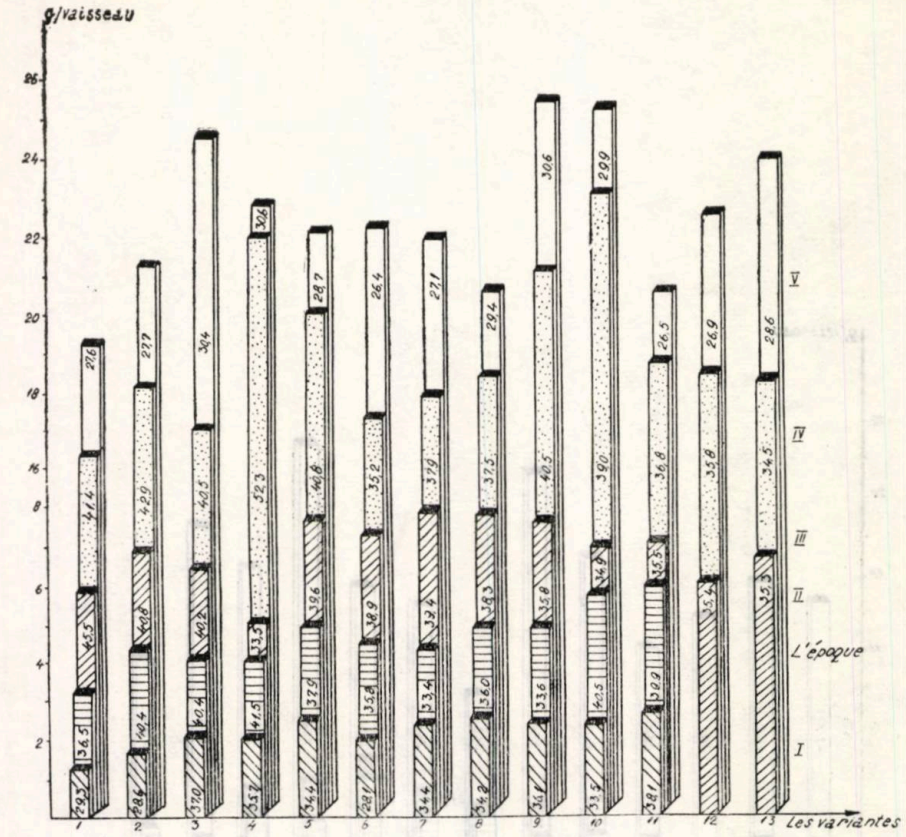

Fig. 3. — L'accumulation de la substance sèche dans les feuilles des plantes de soya sous l'influence des engrais (g/vaisseau et % du total de la substance synthétisée).

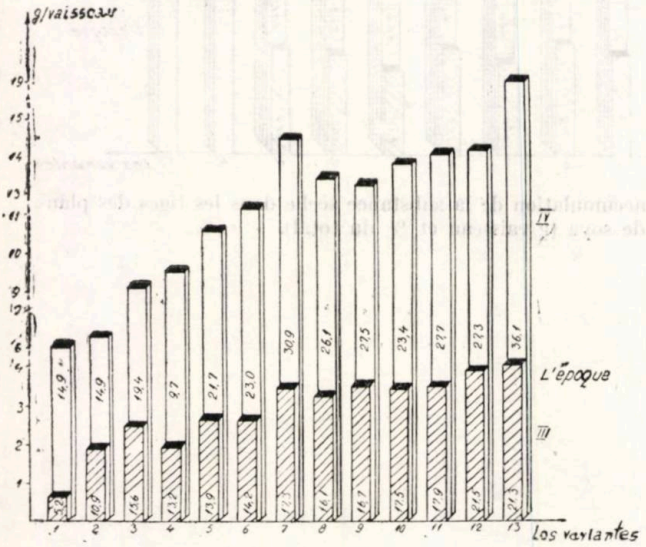

Fig. 4. — L'accumulation de la substance sèche dans les fruits des plantes de soya (g/vaisseau et % du total de la substance synthétisée).

Les engrais avec azote et celles potassiques (V_6) stimulent beaucoup la croissance en poids des parties aériennes des plantes et spécialement le poids des feuilles, sans augmenter leur nombre. Le nombre des fruits sur chaque plante n'augmente trop, mais elles apparaissent plus haut sur la tige. La production de grains dépasse un peu celle du témoin et la composition chimique des grains ne se modifie pas d'une façon sensible.

L'application, dans le mélange, des trois catégories d'engrais (V_7, V_8) détermine une croissance plus equilibrée des plantes, stimulant la formation des fruits et des semences et l'accumulation de l'huile dans les semences. La production de grains dépasse le témoin avec 37,9% pour $N_{96}P_{96}K_{80}$.

En associant divers microéléments aux engrais avec N, P et K on constate que ceux-ci modifient, en géneral, le rythme de croissance et de fructification des plantes de soya. Le molibden stimule la croissance en poids des feuilles, des fruits et des grains, en réalisant des augmentations de récolte de 41,1% par rapport au témoin (V_1) et le contenu en huile des grains augmente avec 2,43%. Le molibden appliqué à l'ensemencement stimule l'augmentation en poids des tiges tandis que celui appliqué extraradiculairement stimule la fructification. Des résultats semblables ont été obtenus par F. C. Boswell et D. E. Anderson [1], en employant comme engrais le molibdate de sodium.

Le cuivre stimule l'augmentation en poids des tiges et des feuilles mais ne stimule pas la fructification. Dans des autres conditions de sol et de clime, Wilkison (cité par A. J. Ohlrogge [4]) obtient des augmentations de la récolte en employant le sulfat de cuivre comme engrais.

Le bore améliore la fructification des plantes, apportant les plus grandes productions de grains (45,6%), avec 7,7% plus grandes qu'au V_8. Le contenu en huile des grains reste au niveau du témoin mais le contenu en substances protéïques augmente avec 1,41%. L'application extraradiculaire de ce microélément a le même effet que son application dans le sol.

4. Conclusions

1. Les engrais avec N, P, K et certains microéléments influencent évidemment la croissance des parties aériennes des plantes de soya, leur fructification et la qualité des semences.

2. Les engrais avec azote déterminent une croissance vigoureuse des plantes et l'augmentation du contenu en substances protéïques des grains.

3. Les engrais phosphatiques stimulent la croissance et la ramification des tiges et la fructification des plantes.

4. Les engrais potassiques stimulent la formation plus haute des fruits sur la tige et l'accumulation de l'huile dans les semences.

5. Les engrais appliqués séparement ne contribuent pas à l'augmentation de la récolte de grains dans la même mesure que le mélange des engrais.

6. Les engrais avec N, P, K stimulent en grande mesure la croissance des parties aériennes des plantes de soya, leur fructification aussi, la cantité la plus indiquée étant $N_{96}P_{96}K_{80}$.

7. Le molybdène stimule la croissance des parties aériennes des plantes et dans une certaine mesure leur fructification.

8. Le bore stimule la fructification des plantes, apportant les plus grandes productions de grains (45,6%) par rapport à V_1; le contenu en substances protéïques des grains augmente avec 1,41%.

9. Le cuivre n'influence pas favorablement l'augmntation et la fructification des plantes de soya.

Reçue le 2 fevrier 1976

Institut Polytechnique, Jassy,
Chaire de Lutte contre l'errosion,
Pédologie et Topographie

BIBLIOGRAPHIE

1. Boswell F. C., Anderson O. E., *Effect of Time on Molybden Application on Soybean Yield and Nitragen, Oil and Molybdenum Contents.* Agronomy J., **61**, *1*, 8—60 (1969).
2. Lytynski A., Kaczkowska M., *Efectul dozelor variate de bor asupra producţiei şi calităţii la soia.* Documentare tehnică, *1*, 130 (1961).
3. Маринова П., *Влияние бактериальных удобрений и микроэлементов на урожай и качества семян сои.* Растен. Науки, **7**, *2*, 115—123 (1970).
4. Оллродж А. Дж., *Минеральные удоврения у сои*, (пер. с англ.) .В *Соия*. Изд. Колос, М., 1970, 165.

INFLUENŢA CÎTORVA ELEMENTE NUTRITIVE (N, P, K, Mo, Cu, B) ASUPRA RITMULUI DE SINTEZĂ A SUBSTANŢEI USCATE LA SOIA

(Rezumat)

S-au organizat experienţe în vase de vegetaţie în care s-a urmărit efectul îngrăşămintelor cu N, P, K şi cîteva microelemente asupra ritmului de creştere a plantelor şi acumulare a substanţelor proteice şi grăsimi.

Îngrăşămintele cu azot au determinat o creştere mai viguroasă a plantelor şi sporirea conţinutului în substanţe proteice a boabelor.

Îngrăşămintele fosfatice au stimulat ramificarea tulpinei şi fructificarea plantelor.

Îngrăşămintele potasice au dus la formarea fructelor în partea superioară a tulpinii şi acumularea de grăsimi în seminţe.

Molibdenul stimulează creşterea părţilor aeriene a plantelor şi fructificarea.

Borul contribuie de asemenea la sporirea producţiei de seminţe şi conţinutului în substanţe proteice a acestora.

Cuprul nu a influenţat favorabil fructificarea plantelor de soia.

Îngrăşămintele aplicate în amestec au dat rezultate mai bune decît aplicarea lor separat.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXIII (XXVII), Fasc. 3—4, 1977
Secția VI
IMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C. Z. 628-3

ASPECTE PRIVIND PROIECTAREA RAȚIONALĂ A ÎNGROȘĂTORILOR DE NĂMOL

DE

M. DIMA, AURORA DIMA și C. MANOLIU

1. Introducere

Problema nămolurilor provenite din epurarea apelor uzate capătă o pondere din ce în ce mai mare în ansamblul preocupărilor privind protecția mediului înconjurător. Cercetările în acest domeniu sînt orientate spre elaborarea unor noi tehnologii de prelucrare a acestor nămoluri în vederea reducerii volumului lor, a valorificării unor substanțe utile din compoziție și, în final, a reintegrării acestui material în mediul natural. În lucrările recente [1], [2], se consideră că îngroșarea gravitațională a nămolurilor constituie în prezent soluția cea mai economică, simplă și eficientă de reducere a volumului nămolului pe seama apei îndepărtate (a supernatantului). Deși procedeul îngroșării este folosit în mod curent, proiectarea îngroșătorilor de nămol se face de regulă empiric deoarece metodele actuale de dimensionare, bazate pe interpretarea rațională a fenomenului de îngroșare, nu au fost încă generalizate, în special în țara noastră.

În aceste condiții, scopul lucrării de față constă în elaborarea unei metode simple și rapide de proiectare rațională a îngroșătorilor de nămol ținînd seama de teoriile moderne ale îngroșării, verificate prin cercetări proprii de laborator.

2. Aspectul calitativ al îngroșării

Proiectarea îngroșătoarelor cu funcționare continuă, din cadrul unei stații de epurare, presupune efectuarea în prealabil a unor studii în stații pilot în vederea obținerii de date cu privire la caracteristicile de sedimentare ale nămolului. Deoarece astfel de date sînt adesea dificil și costisitor de obținut, în practica de cercetare se folosesc instalații de laborator cu funcționare discontinuă (statică), care, în afară de simplitatea execuției, oferă elemente suficiente referitoare la caracteristicile de sedimentare ale nămolurilor. Viteza de sedimentare a solidelor din nămolul analizat, definită de înclinarea tangentei la suprafața de separație solid—lichid în raport cu timpul va prezenta, la începutul procesului, o valoare constantă, deoarece concentrația inițială a nămolului trebuie să fie în mod obligatoriu uniformă. Pe măsură ce particulele solide din nămol încep să se depună pe fundul vasului, concentrația lor trebuie să parcurgă toate valorile intermediare, dintre cea inițială și cea a nămolului depus. Dacă la oricare dintre aceste concentrații intermediare capacitatea unui strat de nă-

mol de transfer a solidelor spre partea de jos a instalației este mai mică decît capacitatea stratului de deasupra, atunci stratul superior nu va avea posibilitatea să depună solidele cu viteza cu care este alimentat, ceea ce va duce la creșterea concentrației stratului și la propagarea ascendentă a acestuia. K y n c h [3] a demonstrat că depunerile în straturi elementare sînt considerate ca unde de concentrații care se propagă ascendent, dinspre baza nămolului în curs de comprimare, fiecare undă urcînd cu o viteză constantă definită de relația :

$$V_a = -\frac{dF_D}{dc}. \tag{1}$$

Pe măsură ce straturi cu concentrații mai ridicate se ridică de la fund și ating nivelul suprafeței de separație, viteza de depunere a nămolului începe să descrească. După un timp foarte lung nămolul atinge înălțimea definitivă și nu mai este capabil să sedimenteze.

În cazul îngroșătoarelor cu funcționare continuă, pentru a evita propagarea ascendentă a straturilor cu concentrații mai ridicate, nămolul trebuie să aibă o mișcare descendentă egală cu cea a variațiilor de concentrații. Astfel, poziția oricărui strat de concentrație intermediară se va menține staționară în raport cu pereții îngroșătorului și se poate aprecia că în cazul unor cercetări pe îngroșătoarele cu funcționare discontinuă, condițiile la suprafața de separație, la timpuri diferite, sînt similare condițiilor unui proces continuu la niveluri diferite.

Pentru a calcula necesarul de suprafață a unui îngroșător trebuie determinat stratul de concentrație limitatoare cu capacitate minimă de transfer capabil să permită depunerea unei cantități cît mai mari de suspensii spre fundul bazinului. Deoarece viteza de sedimentare variază în funcție de concentrația nămolului, rezultă că pentru a asigura o viteză de depunere mai mare decît viteza de ascensiune a lichidului prin stratul limitator, cantitatea de depuneri care traversează acest strat va depinde de mărimea suprafeței bazinului.

3. Calculul suprafeței îngroșătorului

3.1. Metodele actuale

În prezent metodele de calcul utilizate în mod curent pentru dimensionarea îngroșătoarelor de nămol se bazează pe teoriile elaborate de C o e și C l e v e n g e r [4] precum și cele propuse de T a l m a g e și F i t c h [5].

Dacă se raportează cantitatea de depuneri la greutatea lor unitară sedimentată în unitate de timp, se pune în evidență noțiunea de *arie unitară* sau *arie specifică*, care constituie un criteriu important la stabilirea ariei totale a îngroșătorului.

C o e și C l e v e n g e r bazîndu-se pe ipoteza că pentru un anumit nămol viteza de sedimentare este funcție numai de concentrația în solide a nămolului, definește aria specifică prin relația :

$$A_s = \frac{1/C - 1/C_e}{V}. \tag{2}$$

Determinarea vitezei de sedimentare s-a efectuat prin intermediul mai multor probe de laborator avînd concentrații inițiale cuprinse între valorile C_0 (inițială) și C_e (de evacuare). Prin folosirea repetată a relației (2) se determină stratul de concentrație căruia îi corespunde valoarea cea mai mare a suprafeței specifice. Pentru o suprafață mai mică o parte din solidele nămolului nu vor putea trece prin stratul limitator fiind deversate odată cu lichidul.

Metoda lui T a l m a g e și F i t c h ține seama de aceleași ipoteze, însă calculul ariei specifice se bazează pe observațiile lui K y n c h conform cărora determinarea vitezei de sedimentare pentru orice concentrație a nămolului poate fi obținută utilizînd elementele de calcul dintr-o singură probă de laborator, statică, față de mai multe, preconizate de [4]. Reprezentarea grafică a curbei de variație a înălțimii stratului de suspensii în raport cu timpul este arătată în fig. 1. Între punctele A și B se produce sedimentarea stînjenită a particulelor, iar între B și C are loc o micșorare a vitezei de tranziție spre zona de compresiune. Sedimentarea, în zona situată între punctele C și D, determină caracteristicile de tasare ale stratului de nămol depus. Panta curbei de depunere din zona sedimentării stînjenite va exprima valoarea vitezei de depunere gravitațională a nămolului. Se determină grafic punctul de inflexiune a curbei, C_c; acesta va exprima concentrația critică (limitatoare) a stratului de nămol care conduce la cea mai mare valoare a ariei îngroșătorului, ce va fi folosită pentru proiectare. Suprafața specifică necesară pentru o îngroșare adecvată a nămolului este dată de formula:

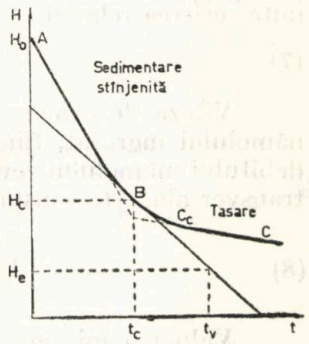

Fig. 1

$$A_s = \frac{t_u}{C_0 H_0}. \tag{3}$$

Valoarea lui t_u poate fi determinată din curba de sedimentare în regim static, ca intersecție dintre tangenta la curbă în punctul de concentrație C_c și paralela abscisei în punctul de concentrație dorită, C_e, a nămolului evacuat.

Suprafața totală de îngroșare se calculează cu relația:

$$A = A_s Q_0 C_0. \tag{4}$$

Ținînd seama de variațiile concentrațiilor nămolului în timpul exploatării și de neuniformitatea debitului de alimentare, la care se adaugă erorile măsurătorilor de laborator, suprafața totală reală devine:

$$A_T = KA. \tag{5}$$

3.2. Metoda propusă

Din analiza curbelor de sedimentare se pot obține date suficiente pentru proiectarea îngroșătorilor. Totuși, efectele secundare provocate de gradienții de concentrații, efectele segregării particulelor, concentrația și

alimentarea neuniformă a nămolului etc. pot genera erori în ceea ce privește relația de interdependență viteză—concentrație, dedusă pe baza curbelor de sedimentare. Cu scopul de a reduce efectul variabilelor, altele decît concentrația, se propune rezolvarea dimensionării îngroșătoarelor cu ajutorul fluxului solidelor, care exprimă cantitatea de particule ce se depun în unitate de timp pe o suprafață a bazinului. În regim static fluxul va fi definit numai de o singură componentă, dată de viteza de depunere a particulelor și exprimă cantitatea de solide dintr-un strat de concentrație C, care poate fi transferată descendent, prin cădere gravitațională, spre fundul bazinului. Mărimea fluxului, la orice nivel, va fi determinată de relația :

$$F_D = VC. \tag{6}$$

Fluxul total al solidelor, capabil de a fi prelucrat de îngroșătorul continuu, este format din două componente : sedimentarea gravitațională și deplasarea nămolului însuși spre dispozitivul de evacuare, ceea ce permite scrierea relației :

$$F_c = CV + CV_N. \tag{7}$$

Viteza de evacuare a nămolului, V_N, variază liniar cu concentrația nămolului îngroșat, fiind în același timp direct proporțională cu mărimea debitului nămolului evacuat din îngroșătorul ce prezintă o secțiune transversală, A, constantă, adică :

$$V_N = \frac{Q_e}{A}. \tag{8}$$

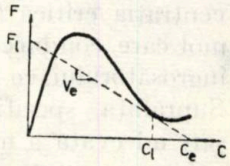

Fig. 2

Valoarea minimă a fluxului total limitează capacitatea de îngroșare a solidelor în condițiile obținerii unui anumit debit al nămolului evacuat. Problema poate fi rezolvată sub două aspecte: a) de proiectare a îngroșătorului ținînd seama de caracteristicile de sedimentare ale nămolului și b) de redimensionare a unui îngroșător existent, dictată de cerințele unei exploatări raționale. Ambele aspecte ale problemei se rezolvă grafic prin construirea diagramei fluxului regimului static în raport cu concentrația, așa cum este arătat în fig. 2.

Respectînd condiția realizării procesului în regim continuu de funcționare, zonele de concentrații diferite pe adîncimea îngroșătorului trebuie să se mențină în poziție staționară în raport cu pereții bazinului. Rezultă că viteza de propagare ascendentă a stratului cu concentrația limitatoare (critică), C_L, trebuie să fie anulată de viteza deplasării descendente, V_N, a volumului de nămol îngroșat evacuat, mărimea acestor viteze fiind dată de valoarea absolută a înclinării dreptei tangente la curba fluxului F_D. Intersecția dreptei cu axa ordonatei va reprezenta fluxul minim al solidelor (F_L), corespunzător stratului limitator, ceea ce va permite calculul imediat al suprafeței îngroșătorului cu relația :

$$A = \frac{Q_0 C_0}{F_L}. \tag{9}$$

Cele două probleme enunțate mai sus pot fi rezolvate practic în modul următor :

a) Dacă pe abscisa unei reprezentări grafice a fluxului, F_D, se notează concentrația dorită a nămolului îngroșat, C_e, și din acel punct se construiește tangenta la curbă, punctul de tangență va reprezenta concentrația stratului limitator (C_L), înclinarea dreptei indicînd valoarea vitezei descendente a nămolului, V_N, iar intersecția cu ordonata exprimînd fluxul minim al solidelor, capabil a fi prelucrat în îngroșătorul a cărei suprafață se determină cu relația (9).

b) Dacă încărcarea îngroșătorului cu solide (fluxul) se limitează, din motive de exploatare cu randament maxim, la o anumită valoare pe axa verticală și se trasează o linie din acel punct, tangenta la curba fluxului va permite obținerea elementelor funcționale C_L, V_N și C_e. În acest mod poate fi anticipată influența pe care ar avea-o modificarea fluxului asupra concentrației nămolului evacuat, precum și mărimea debitului îngroșat corelată cu viteza lui de evacuare.

4. Cercetări experimentale și concluzii

Deoarece, așa cum s-a arătat, procesul de îngroșare este deosebit de complex, studiul său amănunțit a solicitat elaborarea unui vast program experimental. În acest scop s-au analizat nămolurile fermentate de la stația de epurare a municipiului Iași, pentru care s-au întocmit curbele fluxului, F, corespunzător diferitelor adîncimi ale nămolului. În lucrare se prezintă numai diagrama din fig. 3, corespunzătoare concentrației inițiale a nămolului de 30 kg/m³ și a grosimii de 1,25 m.

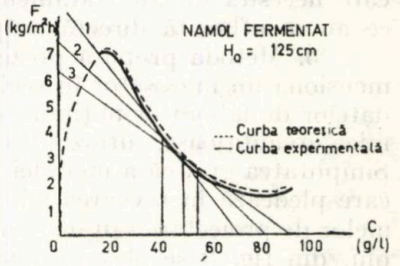

Fig. 3

Pentru a permite o analiză aprofundată a metodei propuse, în comparație cu metodele amintite, în tabelul 1 sînt centralizate toate datele cu privire la fluxul solidelor, F_D (prin inversarea relațiilor (2) și (3) s-a determinat fluxul solidelor necesar studiului din lucrare). Deoarece metodele de laborator utilizate în vederea studiului organizării concentrațiilor inițiale ale nămolului pot influența, direct sau indirect, acuratețea procesului de îngroșare și implicit a dimensiunilor îngroșătorului, în

Tabelul 1

H m	Metoda Coe-Clevenger	Metoda Talmage	Metoda propusă	Fluxul teoretic
	F_D [kg/m² h]			
1,25	13,69	6,2	5,7	6
1,00	11,23	5,814	5,45	5
0,75	8,849	5,5991	5,35	5,35
0,50	3,3559	2,5	2	2
0,35	2	2	1,2	1,35

tabelul 1 s-au pus în evidență și valorile fluxului calculate pe cale teoretică [1].

Din analiza datelor expuse în tabelul 1 se desprind următoarele concluzii :

1. Metoda elaborată de Coe și Clevenger conduce la valori ridicate ale fluxului, ceea ce înseamnă un necesar de suprafață redusă. Această situație este posibilă deoarece autorii au admis ipoteza simplificatoare conform căreia viteza de depunere variază numai cu concentrația nămolului, fără a ține seama de caracteristicile floculante ale acestor nămoluri care-și modifică viteza de depunere de-a lungul întregului proces, pînă la concentrația finală. Probabil că pentru nămolurile minerale această ipoteză poate fi acceptată în totalitate. Totuși, meritul acestor cercetători rămîne incontestabil extrem de valoros prin expunerea clară și logică a fenomenului care stă la baza tuturor teoriilor moderne a procesului de îngroșare.

2. Metoda de calcul propusă de Talmage și Fitch constituie în prezent procedeul experimental cel mai simplu și cu toate că datele luate în considerație nu conțin în totalitate elementele ce definesc și caracterizează procesul de îngroșare totuși aproximația metodei în care intervine și factorul de corecție conduce la valori destul de apropiate de cea reală. Fiind însă limitată numai la construcția curbei de depunere, metoda nu poate să furnizeze și alte indicații cu privire la desfășurarea procesului de îngroșare în condiții variabile de exploatare sau relative la nămolurile care necesită un alt tratament caracterizat de proprietățile fizico-chimice ce au o influență directă asupra caracteristicilor lor de sedimentare.

3. Metoda propusă prezintă, în primul rînd, marele avantaj de a dimensiona un îngroșător în regim de funcționare continuă (real) cu ajutorul datelor de laborator obținute pe o cale relativ simplă și în condiții economice avantajoase, utilizînd o instalație clasică de sedimentare statică. Simplitatea grafică a metodei și exactitatea datelor obținute sînt argumente care pledează în favoarea adoptării și generalizării ei la rezolvarea problemelor de proiectare sau de exploatare rațională a îngroșătoarelor. De exemplu, din fig. 3 se observă dacă se dorește îngroșarea nămolului de la 30 kg/m^3 la 70 kg/m^3, așa cum indică tangenta *1*, fluxul trebuie să aibă valoarea de 8,75 kg/m^2 h fiind limitat de stratul cu concentrația $C_L = 40$ kg/m^3 în transmiterea solidelor spre fundul bazinului, iar viteza de evacuare a nămolului îngroșat este de 0,125 m/h. Pentru alte variante s-au trasat tangentele *2* și *3*. Adîncimea nămolului în bazin influențează direct asupra mărimii vitezei de sedimentare. Pentru adîncimi de 0,35 m sînt necesare suprafețe de îngroșător, la aceleași debite și concentrații, cu 380% mai mari față de cele corespunzătoare adîncimii de 1,25 m. Rezultă că determinarea suprafeței îngroșătorului și a înălțimii nămolului din bazin se intercondiționează și deci nu trebuie să fie stabilite independent, așa cum se procedează în prezent.

Notații

A — aria îngroșătorului, [m^2] ;
A_s — aria specifică a îngroșătorului, [m^2/kg h] ;
C — concentrația solidelor din nămol, [kg/m^3] ;

C_0 — concentrația inițială a solidelor din nămol, [kg/m³] ;
C_L — concentrația solidelor din stratul limitator, [kg/m³] ;
C_e — concentrația de evacuare a nămolului îngroșat, [kg/m³] ;
F_D — fluxul solidelor la îngroșătorul în regim static, [kg/m² h] ;
F_c — fluxul solidelor al îngroșătorului în regim continuu, [kg/m² h] ;
F_L — fluxul minim corespunzător stratului de concentrație limitatoare, [kg/m² h] ;
H_0 — înălțimea inițială a nămolului (înălțimea inițială a planului de separare suspensii—lichid), [m] ;
H_c — înălțimea nămolului corespunzătoare concentrației de evacuare a nămolului îngroșat, [m] ;
Q_0 — debitul volumetric al influentului îngroșătorului, [m³/h] ;
K — coeficient supraunitar, determinat experimental ;
V_a — viteza ascendentă de propagare a straturilor interioare, avînd concentrații mai mari decît cea inițială, [m/h] ;
V — viteza de depunere în zona sedimentării împiedicate, [m/h] ;
V_N — viteza descendentă a nămolului, consecință a evacuării nămolului îngroșat, [m/h];
t_u — timpul util de îngroșare la concentrația dorită a nămolului, [h].

Primită la 1 decembrie 1976

Institutul politehnic, Iași,
Catedra de beton armat și construcții hidrotehnice,
Catedra de organizare și planificare

BIBLIOGRAFIE

1. Dima M., *Contribuții la studiul și dimensionarea îngroșătoarelor de nămol.* Teză de doctorat, Inst. polit. Iași, 1976.
2. Bacon V. M., Dalton F. E., *Chicago Metro Sanitary District Makes no Little Plants.* Public Works, **97**, *11*, 66 (1966).
3. Kynch G. J., *A Theory of Sedimentation.* Trans. Faraday Soc., **48**, 166 (1952).
4. Coe H. S., Clevenger G. H., *Methods for Determining the Capacities of Slime Settling Tanks.* Trans. Amer. Inst. Mining Eng., **55**, 356—384 (1916).
5. Talmage W. P., Fitch B. E., *Determining Thickenes Unit Areas.* Ind. Eng. Ch., **47**, *1*, 38—41 (1955).

SUR UNE MANIÈRE RATIONNELLE D'ÉLABORATION DU CALCUL DES ÉPAISSISSEURS DE BOUE

(Résumé)

Après avoir analysé en détail l'aspect qualitatif du processus complexe de l'épaississement des boues, on recommande l'adoption de la solution obtenue à l'élaboration rationnelle du calcul des épaississeurs, par une méthode moyennant le flux des solides. Les recherches théoriques confirmées par des expériences menées à fond, permettent une analyse critique des méthodes actuelles utilisées pour la détermination des dimensions.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXIII (XXVII), Fasc. 3—4, 1977
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C. Z. 627.8 ; 621.35.035.1

MODEL ÎN CUVE ELECTROLITICE PENTRU DETERMINAREA CURBEI DE INFILTRAȚIE PRINTR-UN BARAJ DE PĂMÎNT

DE

I. GIURMĂ și D. LOGHIN

1. Introducere

În cadrul problemei dimensionării unui baraj de pămînt se urmărește stabilirea profilului său longitudinal și a secțiunii sale transversale. Secțiunea transversală se verifică în funcție de procesul de infiltrație prin baraj, de stabilitatea lui și a terenului de fundație. De aici decurge necesitatea determinării curbei de infiltrație a apei prin baraj, panta taluzului aval alegîndu-se astfel încît să acopere pe cît posibil această curbă în interiorul barajului. Sînt situații cînd înălțimea mare a barajului, obiectivele importante ce trebuie apărate, diversitatea mare de elemente care concură la producerea infiltrațiilor și a efectelor lor, impun și o experimentare pe modele în laborator pentru a găsi cea mai bună secțiune a unui baraj. Dintre modelele analogice folosite pentru determinarea curbei de infiltrație se pot aminti: modelele din hîrtie conductoare, cuvele electrolitice, rețelele cu rezistențe electrice, membranele elastice și rețelele cu rezistențe și capacități electrice.

În cele de mai jos s-a folosit modelul de calcul analogic în cuve electrolitice. Elementul principal al acestui tip de model îl constituie mediul conductor, realizabil prin diferite materiale, dintre care merită o atenție deosebită electroliții ce pot fi obținuți fie din soluții de săruri dizolvate în apă, fie din soluții coloidale ale lor.

2. Materialul și metoda de cercetare

Pentru realizarea modelului s-a folosit o cuvă cu pereți de plexiglas (fig. 1) avînd dimensiunile 50 × 30 × 30 cm. Pe fundul cuvei s-a turnat un strat de 1,5 cm grosime dintr-un material compus din : 45% parafină, 45% ceară și 10% sacîz, încălzit la foc potrivit. După răcirea și întărirea stratului format s-a desenat conturul barajului luat în studiu folosind pentru înălțimi scara 1 : 100 și pentru lungimi scara 1 : 200. Pe acest contur s-a construit un dig în miniatură, de chit și miniu de plumb, cu înălțimea de 2 cm și lățimea la bază de 4 cm. În spațiul delimitat de acest dig, spațiu ce reprezintă secțiunea transversală a barajului studiat, s-a turnat o soluție de sulfat de cupru în prima experiență și o soluție coloidală de sulfat de cupru în experiența a doua. Determinarea curbei de infiltrație se bazează pe caracterul liniar al legilor D a r c y și O h m, care implică existența unui raport constant între potențialul hidraulic și cel electric. Punc-

tele aflate pe curba de infiltrație au același potențial electric (U), cunoscut prin măsurarea lui în punctul aflat la intersecția dintre nivelul apei cu asigurarea de calcul și taluzul amonte al barajului. Schema electrică (fig. 1) folosită pentru măsurarea potențialului electric pe model cuprinde : a) un oscilator *RC* tip TR-0101-F, care poate produce o tensiune variabilă, cuprinsă între 0 și 300 V, la o frecvență de 20...20 000 Hz ; b) un reostat de 1 500 Ω și 0,7 A, format din două coloane având 750 Ω fiecare, cu rolul de divizor de tensiune ; c) o punte Wheatstone ; d) un frecvențmetru cu diode Zener ; e) un miliampermetru și un voltmetru ; f) doi electrozi de cupru ; g) o sondă realizată dintr-o țeavă de cupru cu diametrul de 5 mm, în interiorul căreia s-a introdus un conductor de asemenea din cupru, izolat cu material plastic. Sonda prezintă la unul din capete un mîner din material plastic.

3. Rezultate obținute

S-a urmărit determinarea curbei de infiltrație prin barajul de pămînt Tansa—Belcești, județul Iași. În spațiul delimitat de digul de chit și miniu de plumb, spațiu ce reprezintă secțiunea transversală a barajului Tansa, s-a turnat în prima experiență un strat de 1,5 cm soluție de sulfat de cupru cu concentrația 0,1%. Pentru prepararea acestei soluții s-a folosit 1 g de sulfat de cupru și 1 l de apă distilată. În cadrul acestei experiențe liniaritatea rezistențelor s-a asigurat prin : a) fixarea oscilatorului la o frecvență de 800 Hz, o tensiune de 10 V, intensitatea curentului prin electrolit fiind de 6 mA ; b) folosirea unei soluții de sulfat de cupru cu o concentrație mică (0,1%) ; c) folosirea unor electrozi de cupru, rezistenți la fenomenele electrochimice care se produc la trecerea curentului electric, în cazul folosirii soluției de sulfat de cupru.

Înainte de a începe experiența, pe stratul de parafină, ceară și sacîz, s-a trasat o rețea de pătrate cu latura de 1 cm, care a ușurat aflarea coordonatelor punctelor de pe curba de infiltrație. Prin mișcarea cursorului reostatului, potențialul electric poate varia între 0 și 100 V. Fixînd vîrful sondei în primul punct al curbei de infiltrație, aflat la intersecția nivelului apei cu asigurarea de calcul și taluzul amonte al barajului, s-a obținut un potențial electric de 6,5 V. Prin deplasarea sondei în electrolit și prin mișcarea cursorului reostatului s-au găsit și alte puncte cu același potențial electric, puncte ce au fost materializate cu vîrful sondei pe rețeaua de pătrate trasată anterior. După ce s-a scos electrolitul din cuvă s-au determinat coordonatele punctelor de același potențial și reprezentîndu-le grafic s-a obținut curba de infiltrație a apei prin baraj, C_2 (fig. 2).

În cadrul celei de a doua experiențe, în spațiul delimitat analog ca la prima experiență, s-a turnat un strat de 2 cm grosime, de soluție coloidală de sulfat de cupru. Pentru realizarea soluției coloidale s-a dizolvat într-o cantitate 0,5 l de soluție de sulfat de cupru, moderat încălzită, cu o concentrație de 0,1, 500 g de gelatină tehnică. În această experiență s-a fixat oscilatorul la o frecvență de 1 000 Hz și o tensiune de 15 V, intensitatea curentului prin electrolit fiind de 14 mA. Din aceleași motive ca și în prima experiență, s-au folosit electrozi de cupru fixați între stratul de

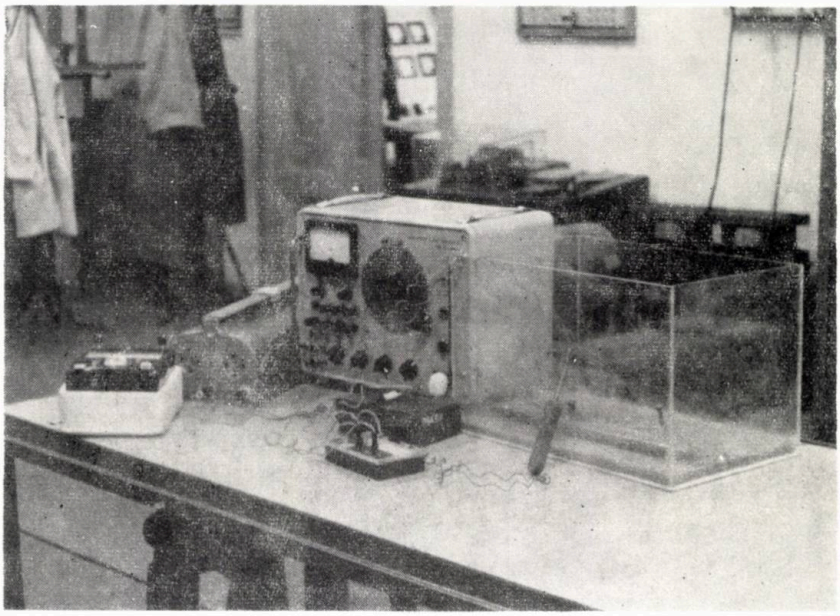

Fig. 1. — Modelul și schema electrică.

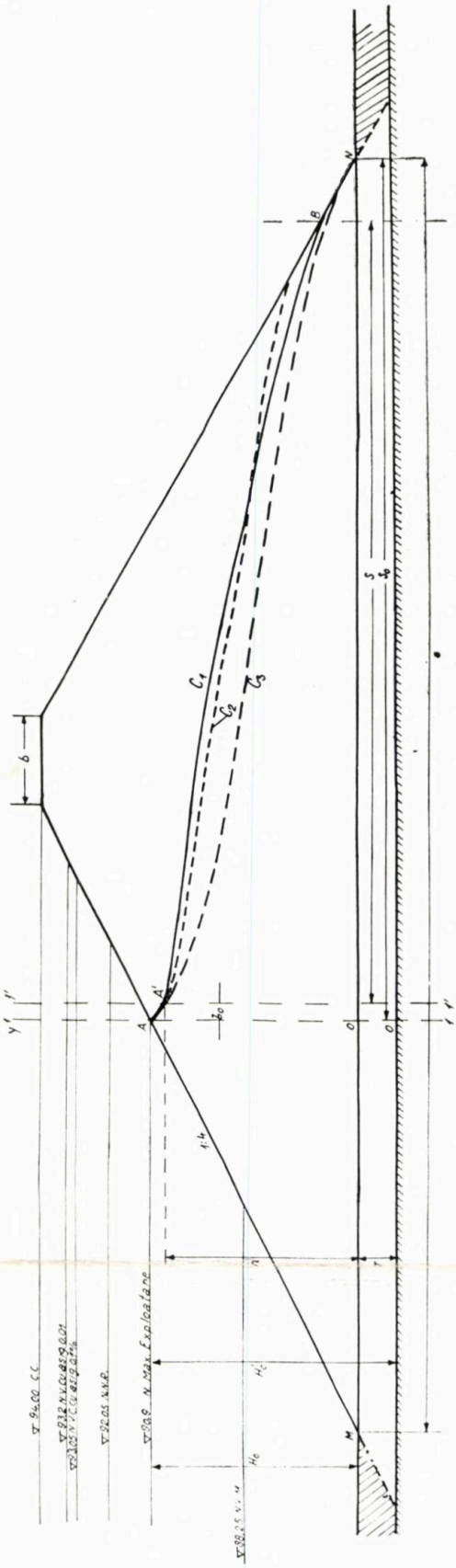

Fig. 2. — Curbele de infiltrație pentru barajul Tansa, stabilite prin cele trei metode.

gelatină și digul de chit și miniu de plumb. Fixînd vîrful sondei în primul punct al curbei de infiltrație s-a obținut un potențial electric de 4,5 V. Apoi, prin deplasarea vîrfului sondei pe suprafața gelatinei și prin mișcarea cursorului reostatului s-au obținut mai multe puncte de egal potențial ce au fost materializate. Acestor puncte li s-au determinat ușor coordonatele și reprezentîndu-le grafic s-a obținut curba de infiltrație a apei prin baraj, C_3 (fig. 2). Curba de infiltrație a apei prin baraj, C_1, (fig. 2) s-a obținut folosind metoda teoretică a lui P a v l o v s k i.

4. Concluzii

1. La lucrările din domeniul hidrotehnic, problema calculului infiltrațiilor constituie una dintre cele mai dificile, din următoarele două considerente :

a) Primul constă în faptul că numeroase aspecte ale circulației apei prin mediile poroase și în special cele referitoare la efectele infiltrației asupra construcțiilor nu sînt încă elucidate din punct de vedere teoretic, din care cauză nici pînă în prezent nu au putut fi tratate matematic. În practică, de obicei, aceste aspecte sînt neglijate sau sînt luate în considerație în mod empiric.

b) Cel de-al doilea constă în faptul că în foarte multe probleme practice luarea în considerație a tuturor elementelor care concură la producerea infiltrațiilor și a efectelor sale, determinate de condițiile pe care le oferă natura, este imposibilă. Din această cauză dezvoltările matematice au la bază numeroase ipoteze simplificatoare care fac ca modelul matematic să fie îndepărtat, într-o oarecare măsură, de realitate și în consecință rezultatele calculelor să fie afectate de unele erori.

2. Pentru a găsi cea mai bună secțiune transversală a unui baraj de pămînt, secțiune ce este în funcție de procesul de infiltrație, apare necesitatea determinării curbei de infiltrație nu numai prin metode teoretice ci și printr-o experimentare pe modele, în laborator, avînd posibilitatea de a alege cazul cel mai avantajos.

3. Comparînd alura celor trei curbe de infiltrație obținute în urma experimentărilor și calculelor, se remarcă faptul că cea mai avantajoasă situație pentru securitatea barajului o prezintă curba C_2, iar cea mai dezavantajoasă, curba C_3, datorită pericolului ce-l prezintă înălțimea mare de izvoare (de la piciorul taluzului aval pînă la intersecția curbei de infiltrație cu acest taluz). Curba C_1, calculată prin metoda teoretică P a v l o v s k i, prezintă o situație de mijloc.

Primită la 28 ianuarie 1977

Institutul politehnic, Iași,
Catedra de combaterea eroziunii solului, pedologie și topografie

BIBLIOGRAFIE

1. I v a n C., *Modele de calcul analogic în hidraulica subterană.* Ed. Tehn., Buc., 1975.
2. P i e t r a r u V., *Calculul infiltrațiilor la lucrările de îmbunătățiri funciare.* Ed. „Ceres", Buc., 1970.

MODÈLE POUR LA DÉTERMINATION DE LA COURBE D'INFILTRATION PAR UN BARRAGE EN TERRE, DANS DES CUVES ÉLECTROLYTIQUES

(Résumé)

On s'est proposé à trouver la meilleure section transversale d'un barrage en terre, section qui est en fonction du processus d'infiltration par le barrage. Dans ce but on a déterminé la courbe d'infiltration pour la barrage en terre Tansa—Belceşti, département de Iaşi, en utilisant un modèle de calcul analogique dans des cuves electrolytiques (une solution de sulfate de cuivre et une solution colloïdale de sulfat de cuivre) et la métode théorique de P a v l o v s k i. On présente et on discute les trois courbes d'infiltration par le barrage Tansa.

Nr. coli tipar 3,25

Tiparul executat la întreprinderea poligrafică Iași, str. V. Alecsandri 6
sub cd. 186
Republica Socialistă România

1978 AUG 8

40822